HEINRICH GERLING

ALREDEDOR DE LAS MÁQUINAS-HERRAMIENTAS

2.ª edición

UN ESTUDIO TÉCNICO

sobre máquinas
y herramientas



sobre medidas
y comprobaciones



y sobre ejecución



de: PIEZAS TORNEADAS
TALADRADAS
FRESADAS
CEPILLADAS
MORTAJADAS
BROCHADAS
RECTIFICADAS



EDITORIAL REVERTÉ, S. A.

Título de la obra original:
RUND UM DIE WERKZEUGMASCHINE

Editada por:
GEORG WESTERMANN, BRAUNSCHWEIG

Versión española de la 2a. edición alemana por:
Carlos Sáenz de Magarola, Ingeniero Industrial

Die besondere Art der Gestaltung dieses Buches ist geschützt durch: Deutsches Bundespatent Nr. 959 276

Propiedad de:
EDITORIAL REVERTÉ, S.A.
Loreto 13-15 Local B
08029 Barcelona, España
Tel. 419-33-36 Fax: 4-19-51-89

y

REVERTÉ EDICIONES, S.A. de C.V.
Río Pánuco 141
C.P. 06500 México, D.F.
Tel. 533-56-58 Fax: 5-14-67-99

ISBN 84-291-6050-7-(España)
ISBN 968-6708-21-9-(México)

Impreso en México   Printed in Mexico

Prólogo

En este libro se trata de todo lo que hay «alrededor de las máquinas-herramientas» y, por tanto, de todo lo que es de interés cuando se fabrican piezas mediante arranque de viruta. Nos ocupamos en este libro de las máquinas-herramientas mismas y también de la herramienta que su uso requiere, del proceso de trabajo en el arranque de viruta y de sus fundamentos físicos, de la fabricación de piezas con esas máquinas y de la medición y comprobación de estas piezas así como también del cálculo de tiempos de trabajo.

De lo dicho se desprende que este libro es interesante e indicado para todo aquel que tiene que andar directamente con máquinas-herramientas y muy especialmente para los aprendices de todos los oficios mecánicos a quienes no se pide que dominen todavía hasta el detalle los procesos de trabajo con arranque de viruta, pero que tienen, en cambio, que tener conocimiento de las máquinas-herramientas, de su modo de estar construidas y de su modo de trabajar. Los montadores o ajustadores deben estar sobre todo familiarizados con estas máquinas y con las posibilidades de trabajo que ofrecen, puesto que su ámbito de trabajo abarca principalmente el montaje de máquinas y de aparatos y el manejo constante de piezas mecanizadas. Pero hay todavía más: con la ayuda de este libro pueden también los delineantes técnicos adquirir una primera idea, y de carácter muy práctico, sobre las diversas máquinas-herramientas y los procedimientos de mecanizado con arranque de viruta.

El objetivo central de este libro puede decirse que es el de enseñar a utilizar las máquinas-herramientas, pero no el de describir los mil recursos y artificios para realizar el trabajo, ya que éstos solamente en el taller pueden aprenderse a fuerza de la propia experiencia.

Se han utilizado en el texto con prodigalidad los recursos gráficos para hacer más clara la exposición de las materias.

1. Cada página del libro abarca generalmente un sector o tema tratado completamente en esa página. Con esto se consigue claridad y una gran facilidad para encontrar lo que se desea.
2. Para distinguir las distintas materias que antes hemos enumerado se ha hecho uso de colores, caracterizando a cada una de ellas con un color distinto.

   Así las distintas materias que se ocupan de las herramientas y de las máquinas se distinguen por el color rojo.

   Las materias relacionadas con el modo de fabricar las piezas se marcan en azul y las que se refieren a medición y verificación, en amarillo.

   Estas distintas materias encuentran primero en el libro una relación con el proceso de trabajo, es decir, que están directamente relacionadas con la práctica. Pero por otra parte puede volverse a hallar la relación y el enlace de las distintas materias entre sí haciendo que, por ejemplo, la medición —o sea todas las páginas designadas con el color amarillo— forme un cuerpo de doctrina con una exposición unificada si consideramos reunidas, una tras otra, todas esas páginas.
3. Naturalmente que el color encuentra también empleo en las figuras, contribuyendo de modo importante a su claridad. Gracias a esto se ha podido prescindir del empleo de fotografías.

El nuevo modo de exposición que se ha empleado en la redacción de este libro puede contribuir también a dar más vida al desarrollo de las clases teóricas en las escuelas profesionales, de Artes y Oficios o del Trabajo.

Abril 1960

Henrich Gerling

Observaciones para el lector:



. Van marcadas con la señal las páginas de este libro en que se trata de MÁQUINAS Y HERRAMIENTAS.



. Van marcadas con la señal las páginas de este libro en que se trata de MEDICIONES Y VERIFICACIONES.



. Van marcadas con la señal las páginas de este libro en que se trata de la FABRICACIÓN DE PIEZAS.

Se puede, pues, por ejemplo, para repasar o para profundizar, considerar nuevamente reunidas las materias relacionadas entre sí (es decir, las que llevan el mismo color característico) y estudiar así unas tras otras, como formando un solo cuerpo de doctrina, todas las páginas que llevan la misma señal.

Índice analítico

PIEZAS DIVERSAS — PROCEDIMIENTOS DIVERSOS

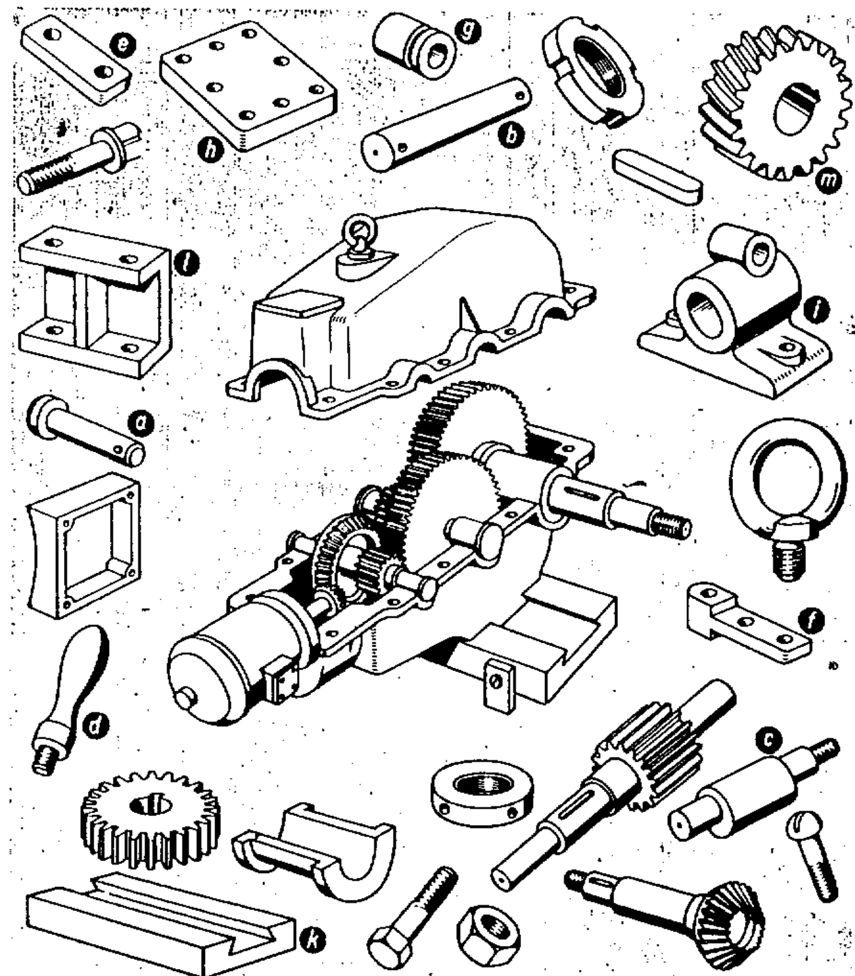
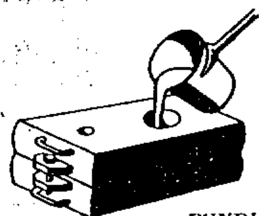


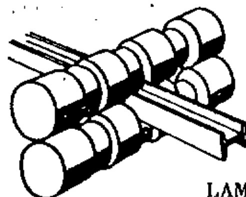
Fig. 9.1. Las máquinas se componen de muchas piezas, por ejemplo, *a*) pernos; *b*) ejes; *c*) ejes excéntricos; *d*) mango; *e*) pieza de unión; *f*) extremo de palanca; *g*) manguito; *h*) tapa; *i*) soporte; *k*) guía del carro; *l*) armazón; *m*) rueda dentada.

Las máquinas, herramientas, aparatos y montajes están formados por la reunión de piezas tales como, por ejemplo, pernos, ejes, manguitos, discos, ruedas, tornillos, placas, armazones y carcasas (fig. 9). Estas diversas piezas obtienen su forma mediante fundición, forja, laminado, estirado, corte de barras y de planchas, y, sobre todo, mediante arranque de viruta. Para que las piezas sean utilizables tienen que ser obtenidas con una cierta exactitud de medidas (precisión) y una determinada calidad superficial (por ejemplo, la superficie será más o menos lisa).

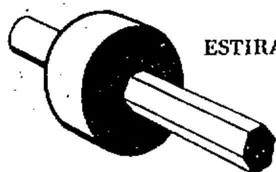
SIN ARRANQUE DE VIRUTA



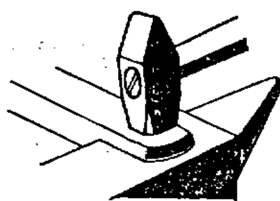
FUNDICION



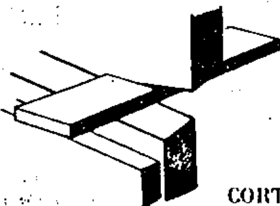
LAMINADO



ESTIRADO

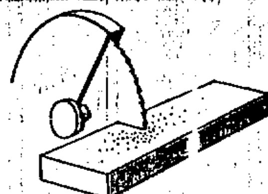


FORJA

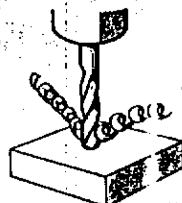


CORTE

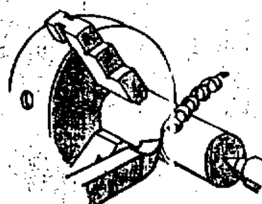
CON ARRANQUE DE VIRUTA



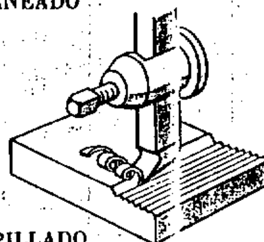
ASERRADO



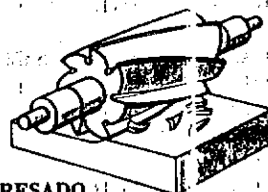
TALADRADO



TORNEADO



CEPILLADO



FRESADO

EJECUCIÓN DE PIEZAS MEDIANTE ARRANQUE DE VIRUTA EN MÁQUINAS-HERRAMIENTAS

Las piezas que se han de fabricar es corriente llamarlas simplemente piezas. Estas se consiguen en este procedimiento de formación arrancando virutas hasta tener la forma deseada. Por lo general, lo que se hace es trabajar la pieza de partida previamente por medio de procedimientos de los llamados sin arranque de viruta, de tal modo que el arranque de viruta sea después muy pequeño. Por medio de la conformación con arranque de viruta se consigue generalmente una mayor exactitud de forma y mejor calidad superficial que por los procedimientos que no llevan consigo arranque de viruta.

Máquinas diversas. El arranque de viruta puede realizarse *a mano o mecánicamente.*

Cuando se realiza a mano el trabajo de arranque de viruta como, por ejemplo, al escoplear, limar o aserrar, la herramienta se conduce con la mano. En el caso de arranque de viruta realizado por medio de máquinas, los necesarios movimientos de la herramienta o de la pieza se realizan guiados y obligados por la máquina.

Por medio de máquinas se fabrican piezas de formas cilíndricas o planas y piezas provistas de roscas, así como ruedas dentadas y piezas de cualquier otra forma.

Todas estas máquinas trabajan con una herramienta, razón por lo cual se llaman *máquinas-herramientas*, distinguiéndose, los tornos, las máquinas de taladrar, las de cepillar, las de fresar, las de rectificar, etc. (figs. 11,1 y 2; 12,1 y 2).

Según la clase de máquina por medio de la cual se fabrique la pieza (se hablará de piezas torneadas, piezas fresadas, piezas cepilladas, piezas rectificadas, etcétera.

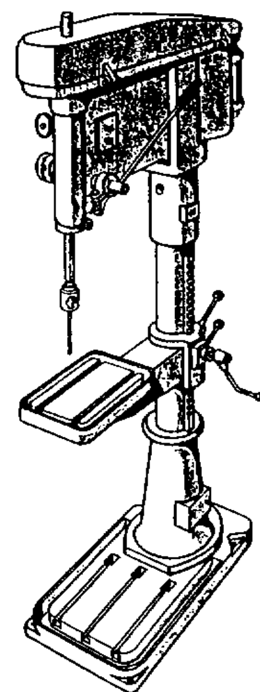


Fig. 11,1. Máquina de taladrar.

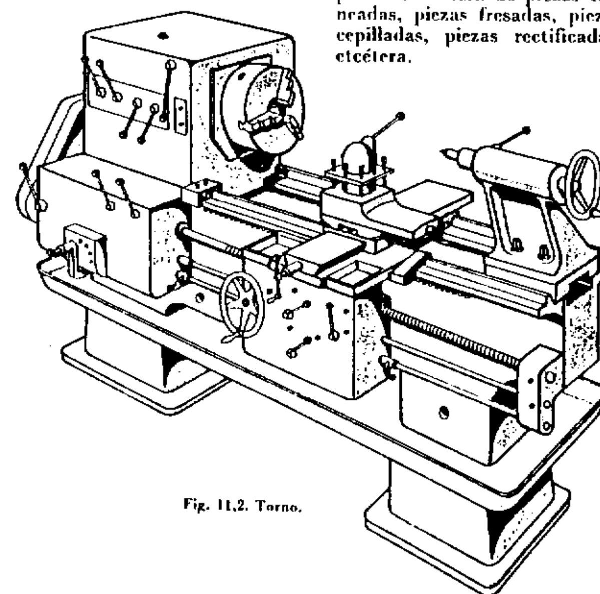


Fig. 11,2. Torno.

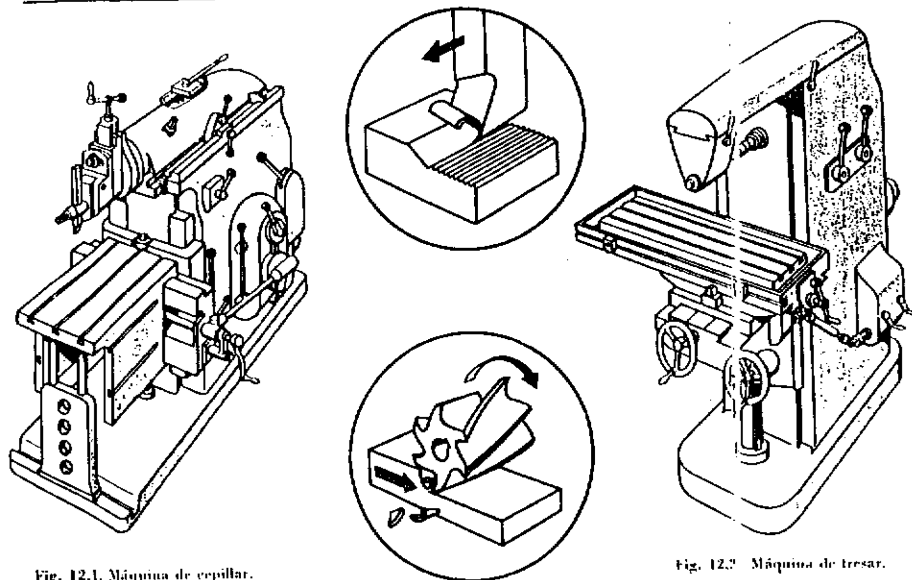


Fig. 12.1. Máquina de cepillar.

Fig. 12.2 Máquina de fresar.

Atenciones y cuidados para con las máquinas-herramientas.

Las máquinas-herramientas están fabricadas con una precisión extrema y por esta razón son caras y delicadas. Si se quiere que rindan buen trabajo durante mucho tiempo, hay que manejarlas con cuidado.

1. No debe ponerse nunca en marcha una máquina cuyo modo de funcionar nos sea desconocido. Las consecuencias podrían ser deterioro o accidente.
2. Los puntos de engrase manual deben ser engrasados diariamente. La lubricación deficiente conduce a un desgaste prematuro.
3. Antes de empezar el trabajo, compruébese si todas las palancas están en su posición correcta.
4. Hay que proteger las guías contra la introducción de virutas. Las guías se desgastan, de lo contrario, rápidamente y esto da como resultado un trabajo poco exacto.
5. Los cojinetes no deben adquirir nada más que una temperatura tibia.
6. No debe llegar al motor ni agua ni polvo. En caso de perturbaciones en el motor, debe ser desconectado. Dése aviso, inmediatamente, de cualquier avería.
7. Límpiense las máquinas con frecuencia. No es conveniente emplear para ello aire a presión, porque las virutas y el polvo se prensan con ello en las guías.
8. Obsérvense los carteles de prevención de accidentes.

Fabricación económica.

Las piezas deben ser bien fabricadas y de modo económico. Es decir, que en la fabricación tienen importancia decisiva los puntos de vista de carácter económico.

Para fabricar económicamente hay que considerar:

1. Que las piezas tienen que ser utilizables, o sea que el material, la forma, la precisión y la calidad superficial han de responder a las condiciones deseadas.
2. Que el tiempo de fabricación ha de ser tan pequeño como sea posible.
3. Que en la fabricación han de ser pequeños los gastos, por ejemplo, el desgaste en herramientas y máquinas tiene que ser reducido, así como el consumo de primeras materias y de materiales auxiliares y el de energía, etc.

1. Ejecución de piezas con forma de cuerpos de revolución.

Formas de revolución.

Los cuerpos de revolución tienen secciones transversales de forma circular y constituyen partes importantes de las máquinas, montajes y aparatos, ya sea como pernos, ya como ejes, como varillas, poleas, manguitos, etc. (fig. 13,1). Hay muchas herramientas que tienen también como forma fundamental la de un cilindro de revolución, por ejemplo, las fresas, las brocas,

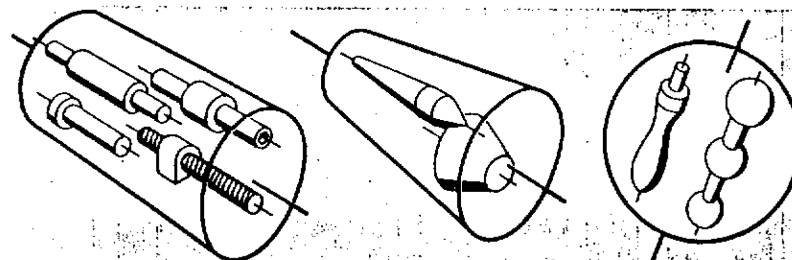
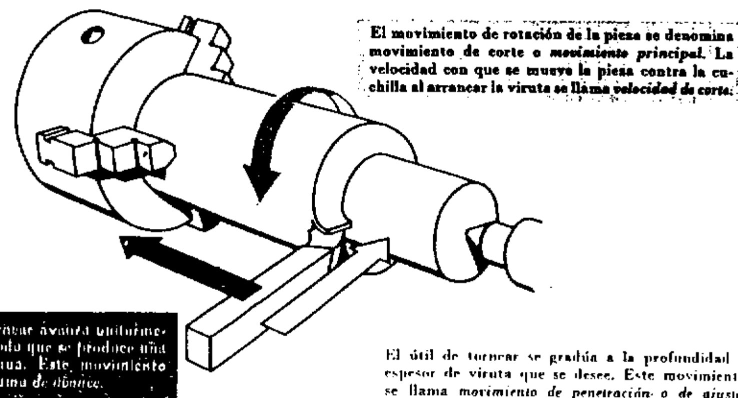


Fig. 13,1. Ejemplos de piezas con forma de cuerpos de revolución.

los escariadores, los machos de roscar, etc. De acuerdo con la aplicación que hayan de tener las piezas se fabrican de los más diversos materiales. Los cuerpos de revolución (piezas torneadas) se pueden obtener con distintas calidades superficiales.



Proceso del torneado.

Para obtener la forma cilíndrica se pone la pieza mediante el torno en movimiento de rotación alrededor de su propio eje (eje de rotación). Al mismo tiempo se hace que se mueva la pieza contra una cuchilla que produce el arranque de la viruta. Este proceso de trabajo se llama «torneado» y en él cabe distinguir diversos movimientos (fig. 13.2).

Procedimientos de torneado.

La diversidad de formas de las piezas de revolución se obtiene mediante distintos procedimientos de torneado. Según que las piezas sean trabajadas exterior o interiormente se habla de *torneado exterior* (TE) o de *torneado interior* (TI). Las piezas cilíndricas se obtienen mediante torneado longitudinal o de cilindrado, las superficies planas mediante refrentado o torneado al aire, los conos mediante torneado cónico, las piezas perfiladas, o de forma, mediante torneado de forma, las roscas mediante roscado o tallado de rosca al torno.

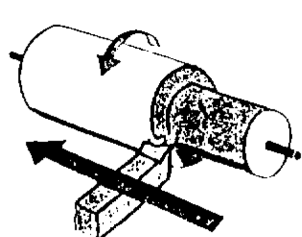
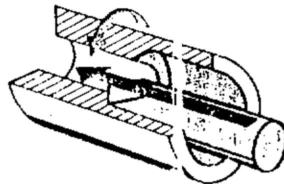



Fig. 14,1. Cilindrado.

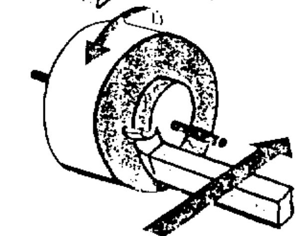
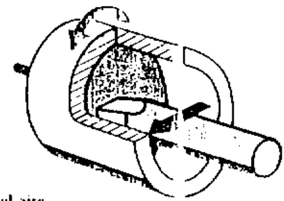



Fig. 14,2. Refrentado o torneado al aire.

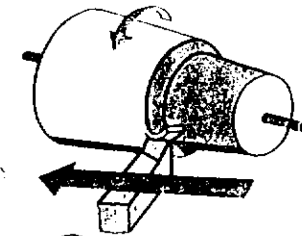
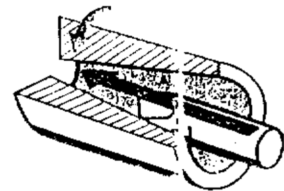



Fig. 14,3. Torneado cónico.

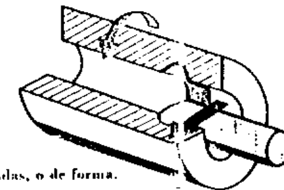


Fig. 14,4. Torneado de piezas perfiladas, o de forma.

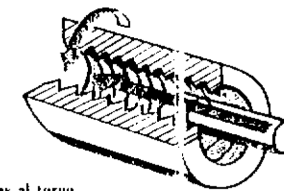


Fig. 14,5. Torneado o tallado de roscas al torno.

Tornos de distintos tipos.

Para poder llevar a cabo todos los casos que pueden presentarse en la fabricación de piezas, existen tornos de diversos tipos. El más corriente es el *torno de puntas* (fig. 15.1) siguiéndole en importancia el *torno al aire de eje horizontal* y el *torno y taladro o taladradora de eje vertical* (figs. 15.2.3).

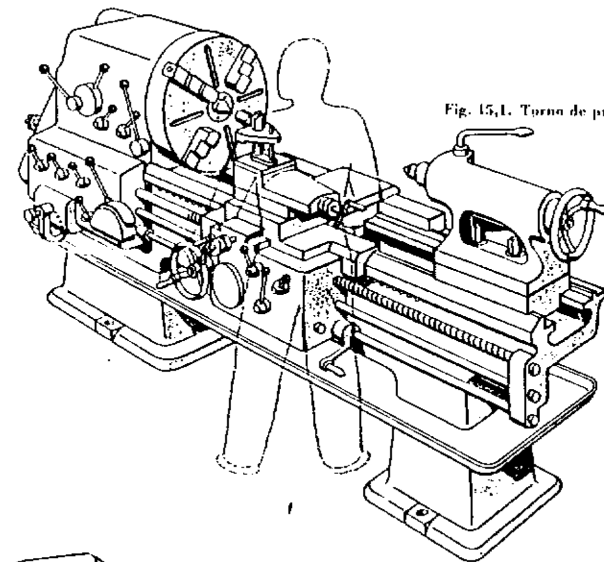


Fig. 15,1. Torno de puntas.

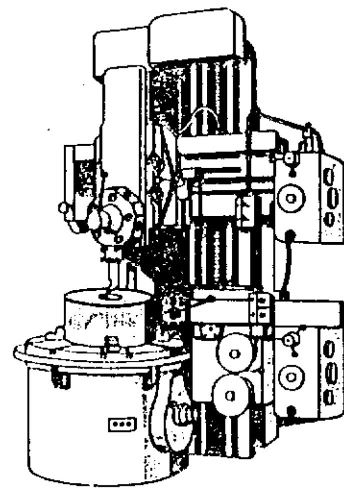


Fig. 15,2. Torno y taladro o taladradora de eje vertical.

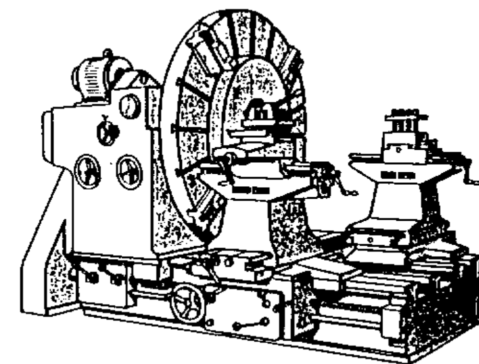


Fig. 15,3. Torno al aire de eje horizontal.

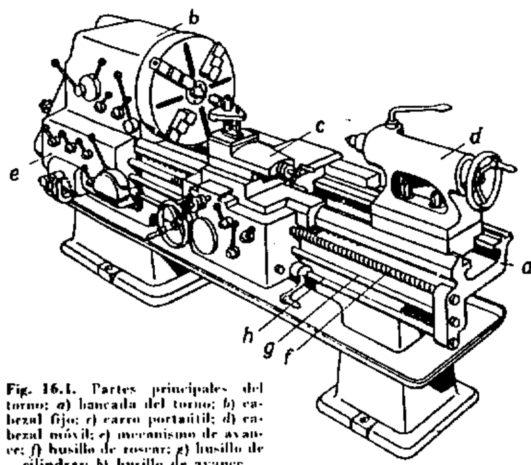


Fig. 16.1. Partes principales del torno: *a*) bancada del torno; *b*) cabezal fijo; *c*) carro portaútil; *d*) cabezal móvil; *e*) mecanismo de avance; *f*) husillo de roscar; *g*) husillo de cilindrar; *h*) husillo de avance.

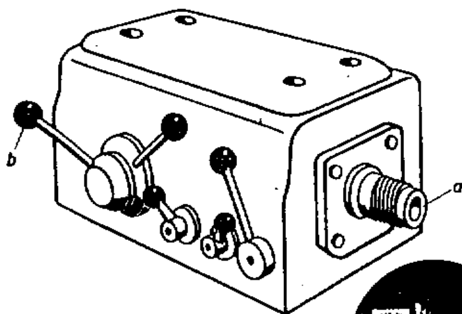


Fig. 16.2. Cabezal fijo: *a*) husillo principal; *b*) palanca de embrague.

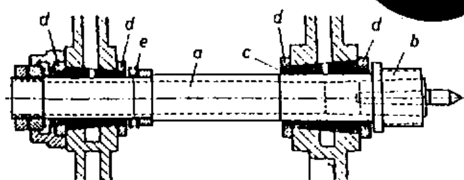


Fig. 16.3. Husillo principal con cojinetes de deslizamiento: *a*) husillo principal; *b*) cabeza de husillo; *c*) cojinete; *d*) tuerca anular; *e*) cojinete de bolas para empuje axial.

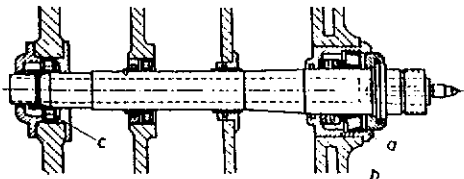


Fig. 16.4. Husillo principal con cojinete de rodamientos: *a*) rodamiento radial a rodillos cónicos; *b*) rodamiento axial a bolas: *c*) rodamiento radial a rodillos.

Partes principales del torno de puntas.

Este torno recibe su nombre de las puntas entre las que se fija la pieza a trabajar. Se llama también torno con barra de cilindrar y husillo de roscar o también torno horizontal (fig. 16,1).

En el cabezal fijo va dispuesto (figs. 16,2 ... 4) el husillo principal o de trabajo por medio de cual recibe su movimiento de rotación. El husillo va sobre buenos soportes, está bien sujeto y se construye del mejor acero. Por lo general, constituye un husillo hueco por el interior del cual pueda, por ejemplo, en caso dado pasarse alguna barra que se esté trabajando. Los puntos de apoyo del husillo están templados y rectificados. Como soportes del husillo principal es usual emplear cojinetes de deslizamiento y de rodamiento. Los casquillos, o cojinetes propiamente dichos cuando de *soportes de deslizamiento* se trata, son generalmente de bronce. Los soportes de rodadura o de rodamientos ofrecen rozamiento muy pequeño. El husillo principal debe girar en los soportes sin juego alguno. Si existe juego en los apoyos, resultan en la superficie de la pieza que se trabaja señales producidas por la herramienta como consecuencia de la vibración que transmite el husillo a la susodicha pieza; además de esto, las piezas torneadas pueden no resultar bien redondas. El juego de los cojinetes puede disminuirse mediante reajuste (véase fig. 16.3). El cojinete de bolas axil tiene por objeto resistir el empuje que durante el torneado se produce en la dirección del eje de rotación (empuje axil).

La cabeza del husillo principal va provista de una rosca que sirve para atornillar a ella cualquier clase de dispositivos de sujeción. En el hueco cónico puede introducirse una contrapunta.

El husillo es accionado mediante el *engranaje principal.*

El carro portaútil lleva la herramienta o útil de tornear y proporciona los movimientos de avance y de penetración o ajuste. Es lo que se llama un carro cruzado y está compuesto por el carro principal o de bancada, el carrito transversal o de refrentar y el carrito superior o portaútil que es el que lleva propiamente la herramienta (fig. 17,1). Los carros deben moverse en las guías prismáticas y en las rectangulares. o planas, sin juego alguno. El carro de bancada y el transversal pueden ser movidos a mano o por medio de los husillos de cilindrar o de roscar accionados por el husillo principal.

El cabezal móvil (fig. 17,2) se utiliza como sujeción al tornear piezas largas. En las operaciones de taladrar y de escariar se dispone también en él la herramienta.

El cabezal móvil puede deslizarse sobre la bancada del torno y fijarse mediante el puente accionando la palanca de sujeción. Para desplazar la pínula se utiliza un husillo con su volante. La pínula se fija mediante un tornillo que aprieta unas mordazas.

Hay también tipos de cabezales móviles en los que la pínula es desplazada mediante un émbolo con aire o aceite a presión. Con esto se consigue una presión uniforme sobre la pieza.

La bancada soporta todas las piezas del torno y reposa sobre las patas del mismo. El carro portaútil y el cabezal móvil se mueven sobre superficies de guía. Estas adoptan generalmente la forma de planos inclinados a modo de los aleros de un tejado (fig. 17,3). Existen también guías planas. Con objeto de poder tornear diámetros mayores, va la bancada frecuentemente provista de un puente adicional que puede ser quitado.

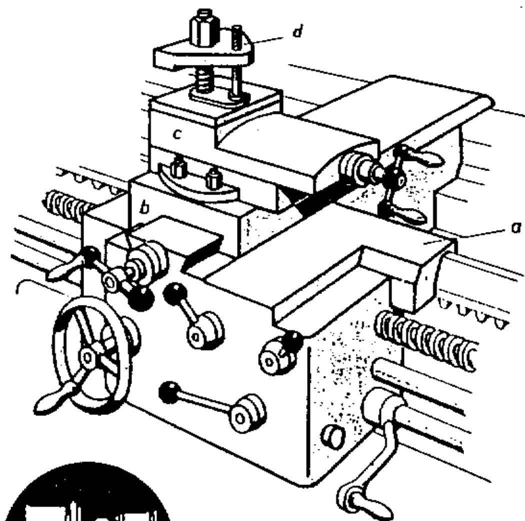


Fig. 17.1. Modo de estar constituido el carro portaútil: *a*) carro principal o de bancada; *b*) carrito transversal o de refrentar; *c*) carrito superior; *d*) portaútil; *e*) caja de maniobra.

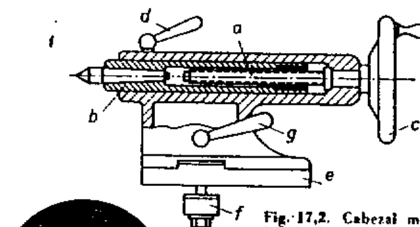


Fig. 17,2. Cabezal móvil: *a*) husillo; *b*) pinula; *c*) volante; *d*) mango del tornillo de sujeción de la pinula; *e*) placa de la bancada; *f*) puente; *g*) palanca de fijación.

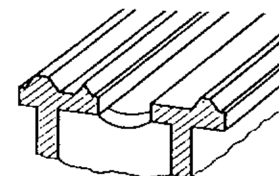


Fig. 17.3. Bancada de torno con superficies de guía en forma de aleros de tejado.

Mecanismos para el movimiento principal.

El husillo tiene que girar durante el torneado de piezas, según sean las condiciones, con diferente número de revoluciones (se llama número de revoluciones al número de las realizadas durante un minuto). Para conseguir diferentes números de revoluciones se utiliza el llamado mecanismo principal. Este va generalmente dispuesto en el cabezal fijo, pero puede ir también parcialmente en la peana de la máquina. Mediante transmisiones por correa y por engranajes pueden variarse los números de revoluciones *de modo escalonado*, es decir, tener por ejemplo 105, 151, 214 revoluciones por minuto. Hay mecanismos de transmisión que permiten tener una variación del número de revoluciones *sin escalonamiento.*

Transmisión por correa. La fuerza y el movimiento se transmiten de un árbol a otro en virtud del rozamiento entre la correa de transmisión y la polea (fig. 18,1). Al patinar la correa se presenta el llamado deslizamiento o resbalamiento de la correa. En virtud de esto, la polea conducida se mueve aproximadamente un 1 % más despacio que lo que correspondería a la relación de transmisión.

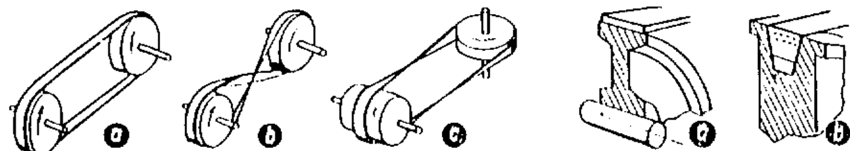


Fig. 18,1. Transmisión por correa. *a)* transmisión abierta, igual sentido de rotación; *b)* transmisión cruzada, sentido inverso de rotación; *c)* transmisión para árboles que se cruzan.

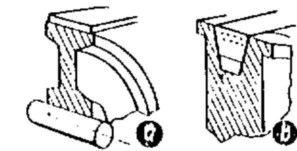


Fig. 18,2. Sección transversal de correas: *a)* correa plana; *b)* correa trapecial o cuneiforme.

Para transmisiones se emplean correas planas y correas trapeciales, o cuneiformes (figura 18,2). Esta última se presta para pequeñas distancias entre ejes y tiene una buena potencia de arranque.

Transmisión por engranajes. Mediante el engrane de los dientes se da origen a una transmisión exacta de deslizamiento (fig. 18,4). Hay distintos tipos de mecanismos de engranajes (véase la página 210) (fig. 18,4 *a* y *b*).

Cálculos para las transmisiones por correas y por engranajes

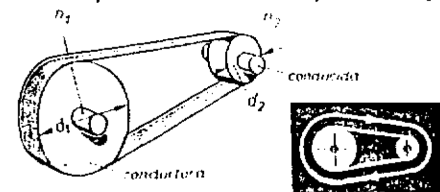


Fig. 18,3. Transmisión sencilla por correa.
d_1 = diám. de la polea conductora, en mm.
d_2 = diám. de la polea conducida, en mm.
n_1 = núm. de r.p.m. en la polea conductora.
n_2 = núm. de r.p.m. en la polea conducida.
i = relación de transmisión o multiplicación.
El camino recorrido por la correa sobre la polea conductora es igual al que recorre sobre la conducida.
$\pi \cdot d_1 \cdot n_1 = \pi \cdot d_2 \cdot n_2$ (π desaparece al simplificar):
Diám. × núm. de r.p.m. en la polea conductora
Diám. × núm. de r.p.m. en la polea conducida
$d_1 \cdot n_1 = d_2 \cdot n_2$

Relación de transmisión

$$i = \frac{\text{n.º de rev. polea conductora}}{\text{n.º de rev. polea conducida}} = \frac{\text{diám. polea conducida}}{\text{diám. polea conductora}}$$

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{d_2}{d_1}$$

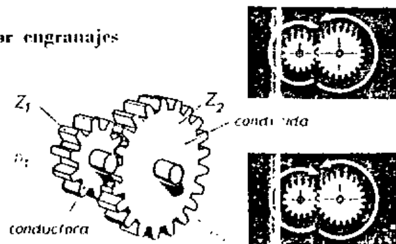


Fig. 18,4. Transmisión sencilla de engranajes.
z_1 = número de dientes de la rueda conductora.
z_2 = número de dientes de la rueda conducida.
n_1 = número de revoluciones de la rueda conductora.
n_2 = número de revoluciones de la rueda conducida.
i = relación de transmisión.
c = rueda intermedia.
Cada diente de la rueda conductora hace avanzar a la rueda conducida en el valor de un diente.
N.º de dientes × n.º de revoluciones de la rueda conductora
N.º de dientes × n.º de revoluciones de la rueda conducida
$z_1 \cdot n_1 = z_2 \cdot n_2$

Relación de transmisión

$$i = \frac{\text{n.º rev. rueda conductora}}{\text{n.º rev. rueda conducida}} = \frac{\text{n.º dientes rueda conduc.}}{\text{n.º dientes r. conductora}}$$

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1}$$

Mecanismos escalonados.

Con objeto de poder ajustar en cada caso el número de revoluciones que convenga se necesita dentro de un determinado campo de números de revoluciones, por ejemplo entre 26 y 306 revoluciones por minuto, disponer de un suficiente número de escalones. Para escalonar los números de revoluciones se utilizan mecanismos de conos de poleas y mecanismos de engranajes escalonados.

Mecanismos escalonado de conos de poleas sin juego de engranajes.

Con un cono de cuatro poleas se pueden ajustar cuatro diferentes números de revoluciones (figura 19,1).

Ejemplo:

Posición de correas I

$$n_1 = \frac{d_4 \cdot n}{d_1} = \frac{255\ \text{mm} \cdot 180\ \text{rev/min}}{150\ \text{mm}} = 306\ \text{rev/min}$$

Posición de correas II

$$n_2 = \frac{d_3 \cdot n}{d_2} = \frac{220\ \text{mm} \cdot 180\ \text{rev/min}}{185\ \text{mm}} = 214\ \text{rev/min}$$

Posición de correas III

$$n_3 = \frac{d_2 \cdot n}{d_3} = \frac{185\ \text{mm} \cdot 180\ \text{rev/min}}{220\ \text{mm}} = 151\ \text{rev/min}$$

Posición de correas IV

$$n_4 = \frac{d_1 \cdot n}{d_4} = \frac{150\ \text{mm} \cdot 180\ \text{rev/min}}{255\ \text{mm}} = 105{,}8\ \text{rev/min.}$$

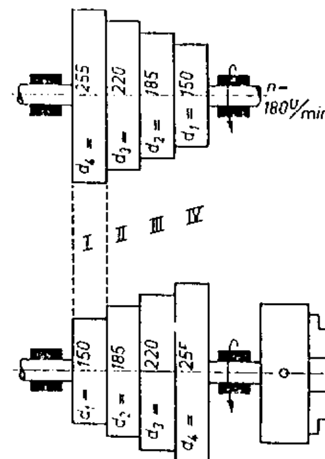


Fig. 19,1. Mecanismo escalonado de conos de poleas.

Mecanismo escalonado de cono de poleas con juego de engranajes.

Mediante un juego de engranajes se duplican los escalones de los **números de revoluciones.**

Ejemplo: $Z_1 = 25$; $Z_2 = 50$; $Z_3 = 25$; $Z_4 = 50$.

Relación de transmisión total $i = \frac{Z_2}{Z_1} \cdot \frac{Z_4}{Z_3} = \frac{50}{25} \cdot \frac{50}{25} = \frac{4}{1}$

Se da por supuesto que cuando el juego de engranajes no está conectado, pueden ajustarse los números de revoluciones n_1, n_2, n_3, n_4 (véase el ejemplo anterior).

Poniendo en juego el sistema de engranajes se obtienen adicionalmente los siguientes números de revoluciones:

$$n_5 = \frac{n_1}{i} = \frac{306\ \text{rev/min}}{4} = 76{,}5\ \text{rev/min}$$

$$n_6 = \frac{n_2}{i} = \frac{214\ \text{rev/min}}{4} = 53{,}5\ \text{rev/min}$$

$$n_7 = \frac{n_3}{i} = \frac{151\ \text{rev/min}}{4} = 37{,}75\ \text{rev/min}$$

$$n_8 = \frac{n_4}{i} = \frac{105{,}8\ \text{rev/min}}{4} = 26{,}45\ \text{rev/min}$$

El mecanismo de cono de poleas es sencillo y resulta barato. Constituyen sendos inconvenientes la pérdida de tiempo del desplazamiento de correa y el peligro que esta operación entraña. En los tornos más modernos se emplea muy raramente este mecanismo de accionamiento.

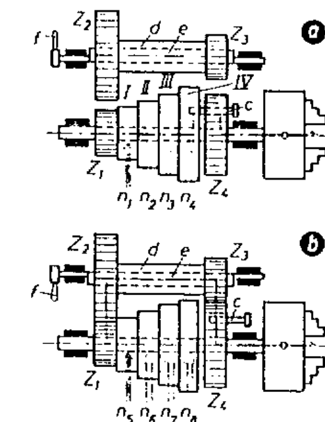


Fig. 19,2. Mecanismo escalonado de cono de poleas con juego de engranajes: *a)* juego de engranajes desacoplado; *b)* juego de engranajes acoplado. El cono de poleas va firmemente unido a la rueda dentada Z_1 y gira con ésta loco alrededor del husillo del torno. La rueda Z_4 está enchavetada firmemente al husillo del torno. Cuando el juego de engranajes está desacoplado, la fuerza de la correa es transmitida al husillo del torno por medio del perno de arrastre *c*. Para acoplar el juego de engranajes, el enlace del cono de poleas con Z_4 se deshace sacando el perno de arrastre. Las ruedas Z_2 y Z_3 están enlazadas mediante un casquillo *d* y giran sobre el árbol de acoplamiento *e*. Maniobrando una palanca *f* se hacen engranar con las ruedas Z_1 y Z_4 por medio de una espiga excéntrica. El flujo de fuerza pasa a través de Z_2 y Z_3 al husillo del torno.

Mecanismo motor de engranajes escalonados.

Para variar el número de revoluciones se utilizan ruedas dentadas que pueden hacerse engranar, mediante palancas, por embrague, por oscilación o por desplazamiento.

Lo más empleado es el mecanismo de desplazamiento de ruedas (fig. 20.2). Los tres números de revoluciones conseguidos mediante un mecanismo de engranajes de tres escalones no son, por lo general, suficientes. El mecanismo principal de un torno consta generalmente de varios engranajes de dos o de tres escalones montados en un cárter cerrado, estanco al aceite (fig. 20.3).

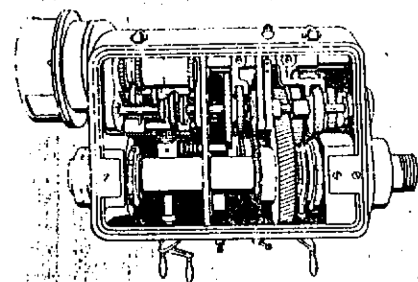


Fig. 20,1. Cabezal fijo con mecanismo de engranajes.

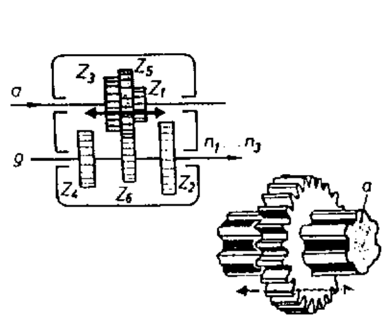


Fig. 20,2. Mecanismo de ruedas dentadas de tres escalones con desplazamiento de ruedas. El bloque de ruedas Z_1, Z_5, Z_3 es desplazable sobre el eje de accionamiento *a* que frecuentemente está constituido en forma de árbol acanalado o de chavetas en estrella. Las ruedas Z_2, Z_6, Z_4 están fijas sobre el árbol arrastrado *g*. El árbol *a* recibe, mediante un motor, por ejemplo, un número de revoluciones constante. Por desplazamiento del bloque de ruedas a las posiciones Z_1–Z_2, Z_5–Z_6, Z_3–Z_4 obtiene el árbol arrastrado tres números diferentes de revoluciones.

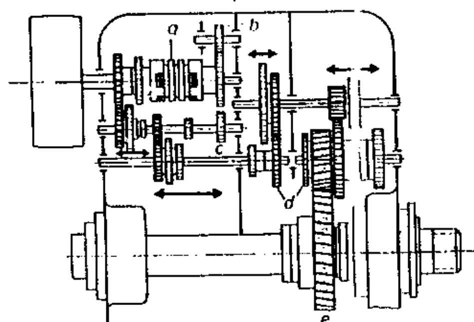


Fig. 20.3. Plano de engranajes de un mecanismo principal con 18 escalones en el número de revoluciones. *a*) Embrague doble de láminas para marcha adelante y atrás; *b*) rueda dentada para acoplarla con la rueda *c* para la marcha atrás (representación simplificada); *d*) ruedas dentadas para desviar el avance; *e*) rueda inferior, con dentado oblicuo, sobre el husillo de trabajo.

Acoplamiento de los engranajes. Los mecanismos de ruedas dentadas no deben acoplarse nada más que en estado de reposo. Para ello hay que realizar las siguientes operaciones: desacoplar el mecanismo principal; inversión del mecanismo, por ejemplo, desplazamiento del bloque de ruedas; acoplamiento del mecanismo principal. Para acoplar y desacoplar el mecanismo principal se utilizan casi siempre embragues que pueden ser accionados durante el servicio, es decir, mientras sigue funcionando el motor de accionamiento, pudiendo ser embragues de conos, o también de láminas (fig. 20.4). El tiempo para el acoplamiento del mecanismo de engranajes puede ser acortado mediante frenos, embragues automáticos y dispositivos de preselección.

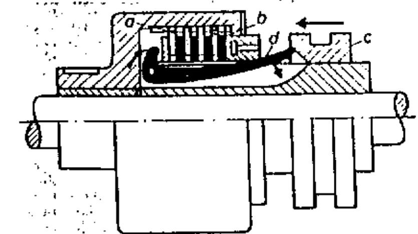


Fig. 20,4. Embrague de láminas. Las láminas exteriores *a* están unidas con el cuerpo exterior y las interiores *b* con el cuerpo interior. Mediante accionamiento del manguito de acoplamiento *c* las láminas se aprietan unas contra otras por medio de la palanca *d*. En virtud de esto, el movimiento de rotación del cuerpo interior que está enchavetado con el árbol pasante, es transmitido al cuerpo exterior debido al rozamiento entre las láminas. Con el cubo de la parte exterior está unida una rueda dentada para seguir transmitiendo el movimiento.

Mecanismos regulables sin escalonamiento.

Con objeto de poder pasar durante el funcionamiento de la máquina, y dentro de determinados límites, a una velocidad cualquiera que se desee, se montan en el cabezal fijo, en lugar de mecanismos de reducción escalonados, mecanismos regulables sin escalonamiento. Existen para ello mecanismos mecánicos (por ejemplo el mecanismos PIV y el Pk), hidráulicos y eléctricos construidos en diversos tipos.

Para la regulación no escalonada del número de revoluciones por vía eléctrica se emplean a veces motores de corriente continua.

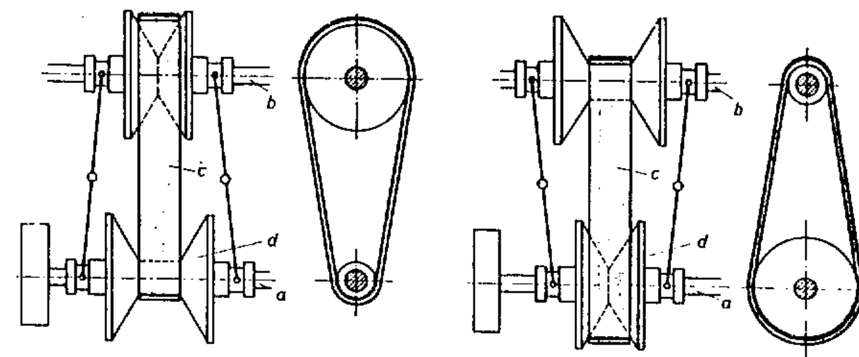


Fig. 21,1. El *mecanismo PIV*. El eje *a* es accionado. Para arrastrar al husillo *b* se utiliza la ancha cadena *c*. Las poleas cónicas pueden desplazarse uniformemente mediante un sistema de palancas. Cuando el eje *b* deba girar a poca velocidad, la cadena estará en *a* en su perímetro interior. Para hacer que el eje *b* gire más rápidamente se separan entre sí mediante el sistema de palancas las semipoleas cónicas de *b* y se acercan las de *a*.

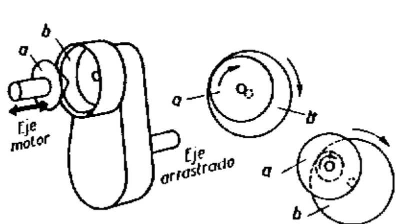


Fig. 21,2. El *mecanismo Pk*. El cono *a* recibe del eje motor su movimiento de rotación y arrastra por fricción al anillo de fricción *b*. Cuando el cono es corrido en la dirección del eje se varía sin escalonamiento el número de revoluciones del anillo de fricción por verificarse la transmisión del esfuerzo a través de un diámetro mayor o menor. Con objeto de que el cono trabaje siempre sobre la superficie de fricción del anillo, éste está enlazado de modo oscilante con el eje arrastrado. El movimiento de rotación del eje arrastrado es transmitido al husillo.

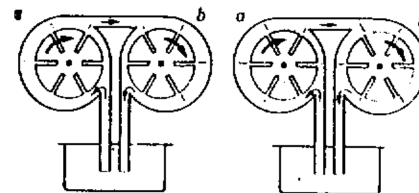


Fig. 21,3. El *mecanismo hidráulico* está constituido por una bomba de aceite *a* y por un motor de aceite *b* de la misma construcción que la bomba. Esta bomba es accionada a un número constante de revoluciones y aspira aceite. Con las cantidades de aceite aspiradas es accionado el motor que está enlazado con el husillo. Mediante descentramiento del motor de aceite puede elevarse o bajarse su velocidad sin escalonamiento. Cuando ha sido, por ejemplo, muy descentrado, llega el aceite a un amplio espacio de trabajo y el motor se mueve lentamente; cuando el descentramiento es pequeño tiene que girar más rápidamente el motor para poder admitir la cantidad de aceite que afluye. También puede variarse la velocidad descentrando la bomba.

Los mecanismos sin escalonamiento permiten un mejor aprovechamiento del torno por poderse siempre adoptar en la máquina la velocidad más apropiada.

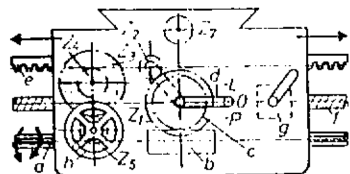
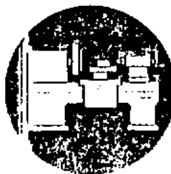


Fig. 22,1. Mecanismo de engranajes del carro principal o de bancada (muy simplificado). a) Husillo de cilindrar (provisto de ranura longitudinal); b) tornillo sin fin que es desplazable sobre el husillo de cilindrar en sentido longitudinal mediante ranura y chaveta; con objeto de que el tornillo pueda seguir el movimiento longitudinal, va soportado en una carcasa, junto a la caja de mecanismos; c) rueda helicoidal; d) palanca de maniobra, o de embrague; e) cremallera; f) husillo principal o de cilindrar; g) tuerca matriz; h) volante de maniobra para producir a mano el avance longitudinal a través de las ruedas dentadas Z_5, Z_1, Z_1

Mecanismo para el movimiento de avance.



Los movimientos de avance y de ajuste pueden conseguirse *a mano* mediante accionamiento de las palancas dispuestas en el carro portaútil. El avance *automático* se obtiene por acoplamiento del husillo de cilindrar que obtiene su movimiento de rotación del mecanismo principal.

Mecanismo del carro principal o de bancada.

La caja de mecanismos está incorporada en el carro principal. Exteriormente lleva las piezas de maniobra como, por ejemplo, palancas y volantes de mano. El mecanismo de bancada (engranajes de la caja de mecanismos) tiene principalmente la misión de transformar el movimiento de rotación del husillo de cilindrar, en movimiento longitudinal y transversal (figs. 22,1 y 2). Existen varios tipos de mecanismos.

El husillo de guía o de roscar sirve únicamente para tallar tornillos. Obtiene su movimiento de rotación igualmente del mecanismo principal y puede mover el carro portaútil en dirección longitudinal con ayuda de la tuerca matriz (véase la página 196).

Enclavamiento. Cuando la tuerca matriz (husillo de guía) y los movimientos longitudinal o transversal (husillo de cilindrar) se ponen en funcionamiento simultáneamente por imprevisión, se produce rotura de piezas. Para evitar esto se ha incorporado un mecanismo de enclavamiento que impide la maniobra simultánea de ambas palancas (fig. 22,3).

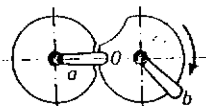


Fig. 22,3. Ejemplo de un sistema de enclavamiento. La palanca *b* (por ejemplo, tuerca matriz) no puede maniobrarse sino cuando la palanca *a* (husillo de cilindrar) se halla en la posición 0.

Fig. 22,2. Modo de conseguir el avance longitudinal automático (véase también la figura 22,1). El tornillo sin fin *b* mueve la rueda helicoidal *c* con la cual está unida la rueda dentada Z_1. La palanca *d* está en *L*, la rueda dentada oscilante Z_2 engrana con Z_3; Z_4 está dispuesta en el mismo árbol y engrana con la cremallera *e*. Para el avance plano, o transversal, se pone la palanca *d* en *P*; Z_2 engrana entonces en la rueda dentada del husillo del movimiento transversal o de refrentar.

Tornillo sin fin de caída o basculante. Esta pieza está montada, generalmente, en la caja de mecanismos y origina el desacoplamiento del movimiento de avance cuando el carro portaútil va contra un tope fijo (fig. 22,4).

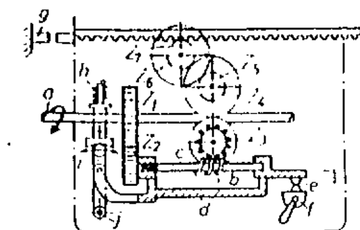


Fig. 22,4. Mecanismo del carro de bancada con tornillo sin fin de caída, o basculante. El husillo de cilindrar *a* actúa a través de las ruedas Z_6 y Z_1 sobre el tornillo sin fin de caída *b*. A través de la rueda helicoidal *c* y las ruedas Z_4 ... Z_7 se verifica el avance longitudinal. Cuando el carro portaútil va contra un tope fijo *g*, se detiene el movimiento longitudinal del carro. La rueda helicoidal y las ruedas Z_4 ... Z_7 se detienen. El tornillo sin fin sigue girando movido por las ruedas Z_6 y Z_1 y se desenrosca de la rueda helicoidal con la carcasa *d* del mismo, hacia la derecha o hacia la izquierda. La palanca *i*, que está presionada por el resorte *h*, se mueve alrededor del punto de giro *j*. El saliente *e* desliza entonces saliéndose del trinquete *f*; la carcasa cae y el tornillo sin fin deja de engranar. Mediante el resorte *h* puede ajustarse una determinada presión de avance.

Mecanismos de avance.

El avance da origen al espesor de viruta y se mide en milímetros por revolución de la pieza (mm/rev) (figura 23,1). Los distintos trabajos de torno exigen avances diferentes, por ejemplo para el desbastado se emplean avances de 0,5 mm/rev, para el afinado 0,1 mm/rev. Para un avance grande, el husillo de cilindrar tiene que girar más rápidamente que para uno pequeño.

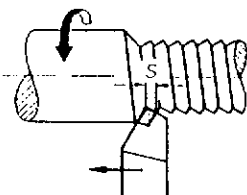


Fig. 23,1. El avance s da origen al espesor de viruta (el avance s se ha dibujado muy aumentado).

Si, por ejemplo, para *una* revolución del husillo de cilindrar se desplaza en 1 mm el carro portaherramientas a causa de la reducción del carro de bancada, cuando se pide un avance de 1 mm/rev, el husillo de cilindrar tendrá que dar una revolución para *una* revolución de la pieza, si se pide 0,5 mm/rev, 1/2 revolución, si 0,25 mm/rev, 1/4 de revolución.

Los distintos números de revoluciones necesarios en el husillo de cilindrar se consiguen en virtud de mecanismos de avance, de los que existen distintos tipos. El accionamiento del mecanismo de avance se deriva del accionamiento principal.

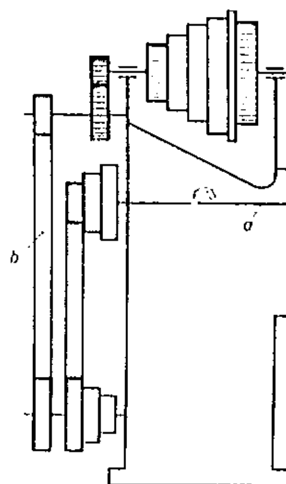


Fig. 23,2. Mecanismo de avance por medio de correas: *a*) husillo de cilindrar; *b*) correa.

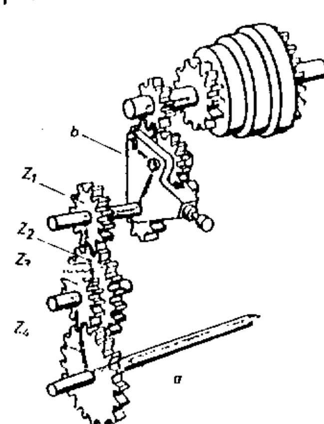


Fig. 23,3. Mecanismo de ruedas cambiables: *a*) husillo de cilindrar; *b*) mecanismo de inversión (véase fig. 24,2); Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, ruedas cambiables.

Cono de poleas para el avance.

El número de revoluciones del husillo de cilindrar se varía desplazando la correa (fig. 23.2). Como los avances pueden resultar poco precisos debido al deslizamiento de la correa, este mecanismo se emplea ya poco.

Mecanismo de engranajes para el avance.

Las ruedas dentadas garantizan una transmisión segura del movimiento y con ello avances exactos.

Mecanismo con ruedas de recambio (fig. 23,3). El accionamiento del husillo de cilindrar se efectúa mediante ruedas dentadas recambiables. Para conseguir velocidades variadas, y con ello los avances deseados, hay que cambiar las ruedas cada vez. El procedimiento resulta muy engorroso.

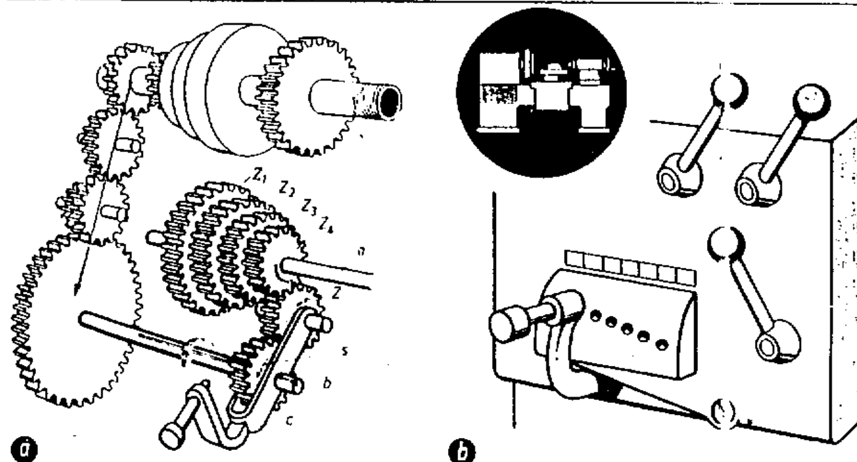


Fig. 24,1. *a)* Mecanismo de avance Norton. El husillo de cilindrar *a* lleva las ruedas Z_1, Z_2, Z_3, Z_4. Sobre el árbol *b*, que es accionado por el husillo portaútil, está dispuesta, de modo desplazable por ranura y chaveta, la rueda *s*. Esta engrana con la rueda oscilante *Z*. Accionando la palanca oscilante *c*, puede hacerse engranar la rueda oscilante con las ruedas escalonadas $Z_1 ... Z_4$. Después de cada maniobra se retiene el balancín mediante una espiga que encaja en el agujero correspondiente a cada posición. *b)* Vista exterior de un mecanismo Norton.

Mecanismo de chaveta móvil. En este mecanismo se hacen engranar entre sí ruedas dentadas de distintos tamaños, en virtud de una chaveta móvil. Por este medio puede ajustarse rápidamente el avance que se desee.

El mecanismo Norton (fig. 24.1) se suele llamar también mecanismo de rueda oscilante. Mediante una palanca oscilante puede hacerse engranar una rueda con ruedas dentadas de diferentes tamaños. Con ello se varían los números de revoluciones del husillo de cilindrar y también los avances mediante una maniobra de muy corta duración.

Mediante un **mecanismo de ruedas desplazables** puede conseguirse también regular el avance.

Los mecanismos de chaveta móvil, de Norton y de ruedas desplazables se encuentran frecuentemente reunidos en las cajas de engranajes para el avance, con lo cual pueden establecerse gran cantidad de avances.

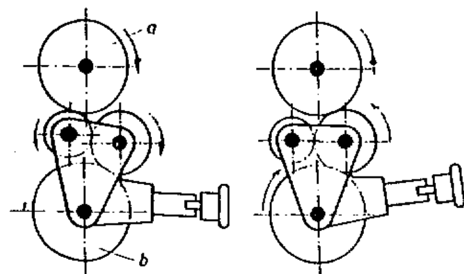


Fig. 24,2. Mecanismo de inversión (corazón de inversión). La rueda dentada *b* tiene el mismo número de revoluciones que la *a*. Respecto a emplazamiento del mecanismo inversor, véase la figura 23,3.

Mecanismos de inversión de marcha.

Con objeto de hacer que el carro portaútil pueda correr de derecha a izquierda o de izquierda a derecha, tiene que poderse invertir el sentido de giro del husillo de guía y de cilindrar, o el del tornillo sin fin de caída. Esta misión la cumple el mecanismo de inversión de marcha o de avance. La variación del sentido de giro se produce, generalmente, intercalando otra rueda dentada. Existen mecanismos inversores de distintos tipos (fig. 24,2).

Herramientas para tornear.

Para el arranque de virutas se utilizan herramientas de corte (herramientas para torno) y las cuchillas o cinceles de tornear[1]. La eficiencia de las herramientas depende del ***material*** de que están hechas, y de la ***forma del filo***.

Materiales de las herramientas de torno.

El material tiene que reunir las siguientes propiedades: dureza, tenacidad, dureza en caliente y resistencia al desgaste.

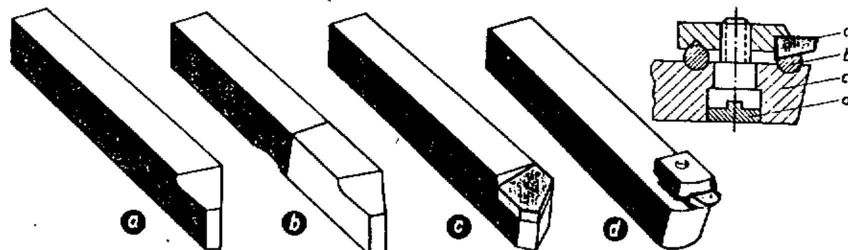


Fig. 25,1. Herramientas para tornear. *a)* Herramienta de corte hecha completamente de aceros rápidos (herramienta de una pieza); *b)* parte cortante de acero rápido soldada a tope; *c)* placa de acero rápido sobrepuesta mediante soldadura o placa de metal duro unida mediante falsa soldadura; *d)* diamante con pieza porta-diamante (*a*, diamante; *b*, calce; *c*, pieza portadiamante; *d*, empaste).

La *dureza* es necesaria con objeto de que el filo pueda penetrar en el material. Cuando falta *tenacidad* se quiebra la cuchilla por acción de la presión del corte. Es necesario que exista una cierta *resistencia en caliente*, con objeto de que la dureza se mantenga incluso cuando el filo se caliente en virtud del rozamiento que se produce en el arranque de viruta. La ***resistencia al desgaste*** tiene por objeto impedir un rápido desgaste del filo.

Para las herramientas de tornear se emplean materiales diversos.

Acero de herramientas no aleado es un acero con 0,5 ... 1,5 % de contenido de carbono. Para temperaturas de unos 250 °C pierde ya su dureza por lo cual es inapropiado para grandes velocidades de corte y no se le utiliza, salvo en casos excepcionales, para la fabricación de herramientas de torno. Estos aceros se denominan corrientemente aceros al carbono o también sencillamente aceros de herramientas (WS).

El **acero de herramientas aleado** contiene como elementos aleados, además del carbono, adiciones de volframio, cromo, vanadio, molibdeno y otros. Hay aceros débilmente aleados y aceros fuertemente aleados. El *acero rápido* (SS) es un acero fuertemente aleado. Tiene una elevada resistencia al desgaste. No pierde la dureza sino al llegar a los 600 °C. Esta resistencia en caliente, que es debida sobre todo al contenido de volframio, hace posible el torneado con velocidades de corte elevadas. Como el acero rápido es un material caro, la herramienta lleva frecuentemente sólo la parte cortante o una placa constituidas por este material. La parte cortante o placa van entonces soldadas a un mango de acero de máquinas (fig. 25,1).

Los metales duros hacen posible un gran aumento de la capacidad de corte de la herramienta. Los componentes principales de un metal duro son el volframio y el molibdeno, además del cobalto y el carbono. El metal duro es caro y se suelda en forma de plaquitas normalizadas sobre mangos de herramienta que pueden ser de acero barato (fig. 25,1). Con temperaturas de corte de 900 °C se manifiestan todavía buenas propiedades de corte y puede trabajarse con grandes velocidades. Con esto se reduce el tiempo de trabajo y además la gran velocidad de corte coadyuva a que la superficie de la pieza que se trabaja resulte lisa. Es necesario escoger siempre para el trabajo de los distintos materiales la clase de metal duro que sea más adecuada[2].

El diamante se utiliza muchas veces para corte de herramientas. El diamante es muy duro y no se desgasta. Se emplean sobre todo para trabajos muy finos en máquinas especiales (véase página 183).

Los materiales de corte cerámicos son muy duros y, constituyendo la parte cortante del útil, se sujetan convenientemente en soportes adecuados.

[1] Se entienden por «cuchillas o cinceles de tornear» (Drehmeissel) las herramientas de torno con filos de metal duro.
[2] Jütz-Scharkus, Stoff-Zahl-Form. Tabellen für das Metallgewerbe (Material-número-forma. Tablas para la industria metalúrgica). Georg Westermann Verlag, Braunschweig.

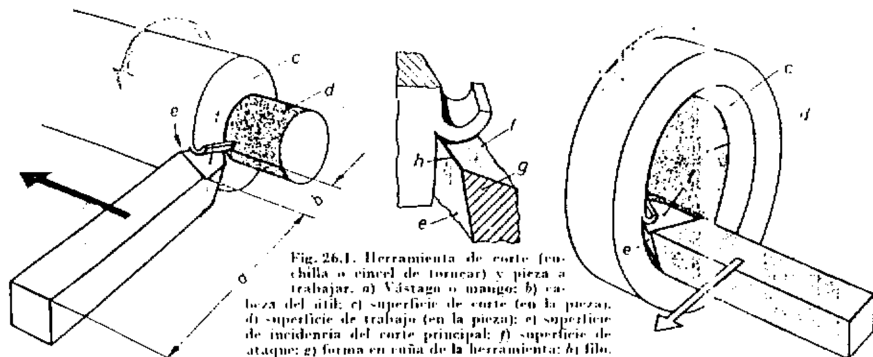


Fig. 26.1. Herramienta de corte (cuchilla o cincel de tornear) y pieza a trabajar. *a*) Vástago o mango; *b*) cabeza del útil; *c*) superficie de corte (en la pieza); *d*) superficie de trabajo (en la pieza); *e*) superficie de incidencia del corte principal; *f*) superficie de ataque; *g*) forma en cuña de la herramienta; *h*) filo.

Forma del corte de la herramienta.

En la herramienta de corte (cuchilla o cincel de tornear) se distinguen el vástago o mango y la cabeza del útil. El vástago sirve para la sujeción de la herramienta. La cabeza del útil va provista de los filos necesarios para el arranque de la viruta (fig. 26.1).

La forma fundamental de todas las herramientas para arranque de viruta es la cuña. Se llama filo a la línea de intersección de las caras de la cuña; por regla general se consideran, empero, como partes constitutivas del filo las caras que forman la cuña.

Las designaciones para las superficies en la pieza y para las superficies, ángulos y filos en la cabeza del útil vienen determinadas por normas DIN.

Superficies en la pieza

Superficies de corte es la superficie que se forma directamente debajo del filo.

Superficie de trabajo es la superficie que se obtiene en la pieza mediante el proceso de corte.

Superficies en la cabeza del útil

Superficie de ataque es la superficie sobre la cual escapa la viruta (fig. 26.1).

Superficie de incidencia es la superficie de la cabeza del útil que va dirigida contra la superficie de corte de la pieza.

El ángulo de incidencia α es el formado por la superficie de corte y la de incidencia (fig. 26.2).

El ángulo de filo β se halla entre las superficies de incidencia y de ataque.

El ángulo de ataque γ es el ángulo entre la normal a la superficie de corte y la superficie de ataque.

Los ángulos de incidencia, de filo y de ataque sumados, dan 90º.

El corte principal o cuchilla principal es la arista del filo que está dirigida en el sentido del avance.

El *corte secundario* es el que va unido lateralmente al principal.

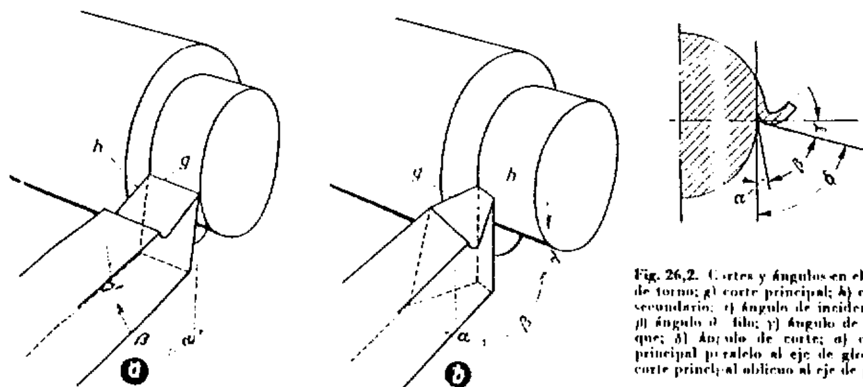


Fig. 26,2. Cortes y ángulos en el útil de torno; *g*) corte principal; *h*) corte secundario; α) ángulo de incidencia; β) ángulo de filo; γ) ángulo de ataque; δ) ángulo de corte; *a*) corte principal paralelo al eje de giro; *b*) corte principal oblicuo al eje de giro.

La magnitud de los ángulos de corte se rige por la clase de material que se va a trabajar. Con objeto de que no se rompa el filo, el material duro exige un *ángulo de filo* mayor que el material blando. El *ángulo de incidencia* no se hace sino de una magnitud tal que la superficie de incidencia no roce con la pieza. Un *ángulo de ataque* grande facilita el arranque de las virutas; sin embargo, no podrá aumentarse arbitrariamente porque el ángulo de filo resultaría demasiado pequeño.

Las magnitudes más favorables para los ángulos de corte se determinan mediante ensayos (T 28,1).

En los útiles de desbastar (cinceles de desbastar) se presentan, además de los ángulos de corte ordinarios, los de posición o ajuste, el de la punta y el de inclinación.

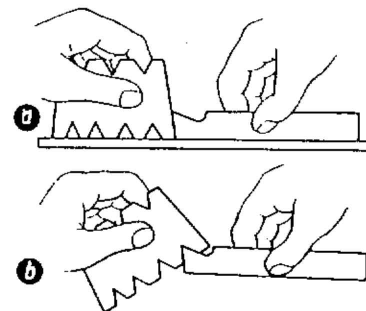


Fig. 27,1. *a*) Comprobación del ángulo de incidencia, haciendo uso de la galga; *b*) comprobación del ángulo de filo por medio de la galga.

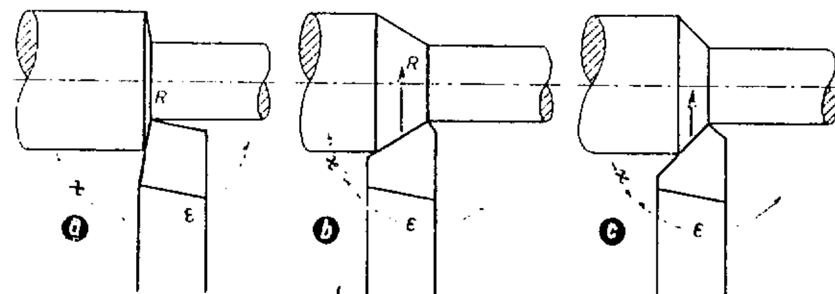


Fig. 27,2. Ángulos de posición y de la punta en el útil de torno. κ) Ángulo de posición; ε) ángulo de la punta; *R*) presión o esfuerzo ejercidos contra el eje de giro; *a*) ángulo de posición grande; *b*) ángulo de posición pequeño; *c*) ángulo de posición normal (45º).

El ángulo de posición κ (fig. 27.1) es el formado por el corte principal con la superficie de trabajo. Cuando el ángulo de posición es *grande*, la anchura de viruta es pequeña y la presión o fuerza de corte principal se reparte sobre un pequeño trozo de cuchilla. La cuchilla sufre en este caso un trabajo muy fuerte y dura poco. Un ángulo pequeño de posición da lugar para la misma profundidad o espesor de viruta, a que ésta sea ancha, con lo cual la vida de la cuchilla resulta mayor. En el caso más general el ángulo de posición suele ser de 45º.

Un ángulo de posición pequeño da lugar a una fuerza de reacción (*R*) grande que tiene como consecuencia un esfuerzo de flexión cuando la pieza que se tornea es larga y delgada. Cuando el ángulo de posición es grande, el esfuerzo de reacción es menor y el peligro de flexión también lo es.

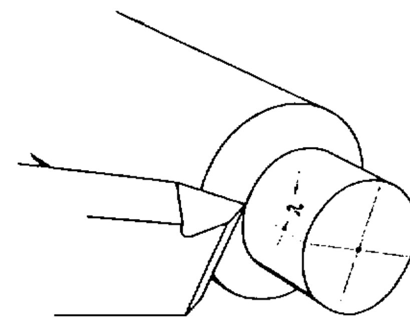


Fig. 27.3. Ángulo de inclinación λ en un útil de desbastar.

El ángulo de la punta ε es el formado por los cortes principal y secundario. Suele valer 90º. Un útil de torno que tenga un ángulo de la punta pequeño se desafila rápidamente.

El ángulo de inclinación λ (fig. 27,3) fija la posición del corte principal respecto a la horizontal. El corte o cuchilla puede tener posición horizontal, empinada o caída. Para trabajos de desbastado es indicada la posición descendente, porque con ella resulta facilitado el arranque de la viruta. El ángulo de inclinación suele variar para útiles de desbastar entre los 3 y 5º.

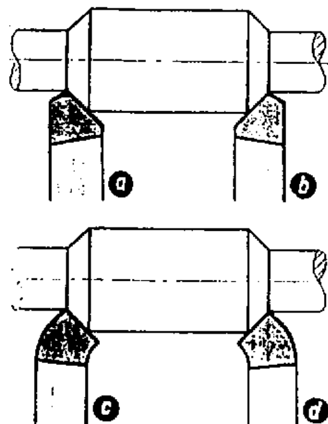


Fig. 28,1. Forma de los útiles de desbastar: a) útil recto con corte a la izquierda; b) útil recto con corte a la derecha; c) útil curvado con corte a la izquierda; d) útil curvado de desbastar con corte a la derecha.

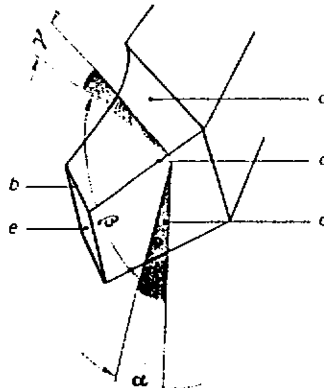
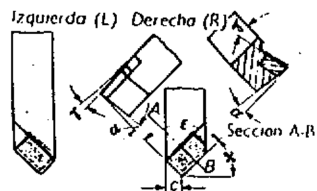


Fig. 28,2. Designaciones en un útil de desbastar recto con corte a la derecha: α) ángulo de incidencia; β) ángulo de filo; γ) ángulo de ataque; a) corte principal; b) corte secundario; c) superficie de incidencia del corte principal; d) superficie de ataque; e) superficie de incidencia del corte secundario.



Tipos de útiles de torno.

Cada trabajo exige el útil de torno más apropiado y así por ejemplo habrá que escoger para desbastar, afinar, taladrar, tallar engranajes, etc., el útil cuya forma se adapte convenientemente a esos trabajos. Los principales útiles de torno están normalizados.

Útiles de desbastar. Al desbastar se trata de arrancar en poco tiempo una gran cantidad de viruta y por esta razón los útiles de desbastar tienen que ser de construcción robusta. Pueden ser *rectos* o tener *forma curva* (figura 28,1).

Según la posición del corte principal puede distinguirse entre herramientas con *corte a la derecha* o con *corte a la izquierda*.

Para la distinción entre útiles con corte a la derecha o a la izquierda ha de tenerse en cuenta lo siguiente: El útil se considera con su cabeza dirigida contra uno mismo y con la cara del corte hacia arriba; si entonces se tiene el corte o filo principal hacia la derecha se dice que el útil es de corte a la derecha y si el corte o filo principal cae a la izquierda, el útil se llamará de corte a la izquierda.

T. 28,1. VALORES PRÁCTICOS PARA LOS ÁNGULOS DE CORTE EN EL TORNEADO CON HERRAMIENTAS DE ACERO RÁPIDO Y DE METAL DURO.

Acero rápido			Material	Metal duro		
α°	β°	γ°		α°	β°	γ°
8	68	14	Acero sin alear hasta de 70 kg/mm²	5.	75	10
8	72	10	Acero moldeado hasta de 50 kg/mm²	5	79	6
8	68	14	Acero aleado hasta de 85 kg/mm²	5	75	10
8	72	10	Acero aleado hasta de 100 kg/mm²	5	77	8
8	72	10	Fundición maleable	5	75	10
8	82	0	Fundición gris	5	85	0
8	64	18	Cobre	8	64	18
8	82	0	Latón ordinario, latón rojo, fundición de bronce	5	79	6
12	48	30	Aluminio puro	12	48	30
12	64	14	Aleaciones de aluminio para fundir y para forjar	12	60	18
8	76	6	Aleaciones de magnesio	5	79	6
12	64	14	Materiales prensados aislantes (Novotext, baquelita)	12	64	14
12	68	10	Goma dura, papel duro	12	68	10
—	—	—	Porcelana	5	85	0

Fig. 28,3. Útiles rectos para desbastar, DIN 4951. *Ejemplo* para la designación de un útil recto con corte a la derecha para desbastar (*R*) con mango de sección rectangular de altura igual a 32 (32 h) y placa (*P*), soldada encima, de acero rápido con ángulo de incidencia α = 8°, ángulo de ataque γ = 10° y ángulo de posición ϰ = 75°; útil recto de desbastar R 32 h P 8/10/75 DIN 4951.

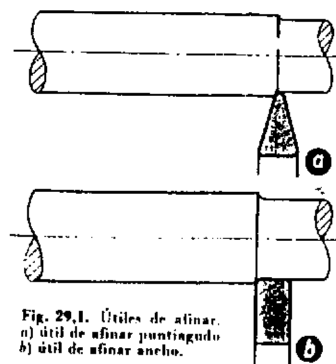


Fig. 29,1. Útiles de afinar. a) útil de afinar puntiagudo b) útil de afinar ancho.

Útiles de afinar (fig. 29,1). Mediante el afinado se trata de obtener una superficie cuidadosamente terminada. Por lo general, se utiliza el útil de afinar puntiagudo con corte redondeado. A veces encuentra también uso el útil de afinar ancho. El corte de un útil de afinar debe ser repasado cuidadosamente con la piedra de afilar después de haber sido afilado, pues de lo contrario la superficie de la pieza torneada no resultaría limpia.

Mediante el afinado no se trata solamente de que la superficie de la pieza resulte con buen aspecto; las superficies lisas son necesarias, además, para disminuir rozamientos de piezas que deslizan unas sobre otras como sucede, por ejemplo, con los gorrones en los cojinetes. Por lo demás, las estrías o marcas de torneado pueden producir, aun siendo todo lo pequeñas que suelen ser, roturas de pernos, gorrones, ejes, etc.

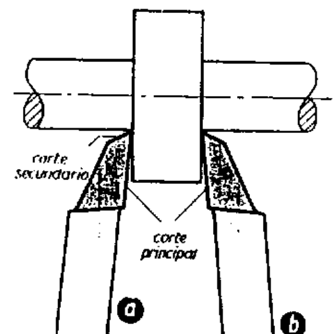
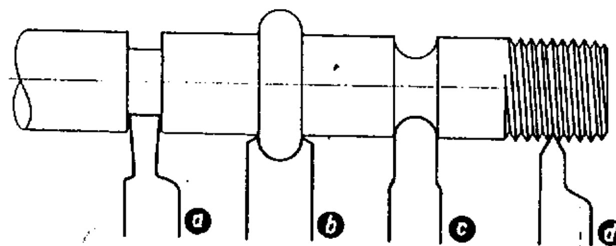


Fig. 29,2. Útiles de corte lateral: a) útil de corte lateral a la izquierda; b) útil de corte lateral a la derecha.

Útiles de corte lateral (fig. 29,2). Se utilizan para refrentar y para tornear entrantes o salientes formando esquinas muy marcadas. Son inapropiados para arrancar virutas gruesas por ser la cuchilla poco resistente en virtud de su forma puntiaguda.

El corte secundario no es adecuado para el arranque de viruta y por esta razón el útil debe moverse durante el trabajo de dentro hacia afuera (véase fig. 43,3, pág. 43). Constituye una mala costumbre el reafilar el útil de corte lateral cambiando su forma para hacerlo servir en todos los posibles trabajos ya que con ello se desperdicia acero de herramientas, que es muy caro.



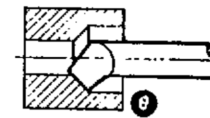


Fig. 29,3. Ejemplos de varias formas de los útiles de torno: a) útil para tronzar; b) y c) útiles de forma; d) útil para roscar. e) útil para torneados interiores.

Diversas formas de los útiles de torno (fig. 29,3). Existen para los distintos trabajos de torno, herramientas con la cuchilla especialmente conformada para ellos.

Los mangos (fig. 29,4) sirven para sujetar cuchillas pequeñas. Están construidos de aceros baratos de construcción y ahorran acero de herramientas que es caro.

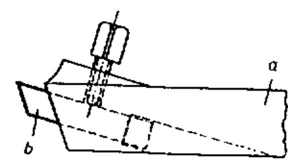


Fig. 29,4. [illegible]

Cuidados de los útiles de torno.

Los útiles de torno hay que guardarlos de tal modo que las cuchillas no sufran deterioro, ya que al afilarlas de nuevo se pierden, inútilmente, tiempo y un material costoso.

Con el uso pierde la cuchilla su facultad de cortar, es decir, se desafila, se embota. Cuando se trabaja con una cuchilla desafilada aumenta el rozamiento y con ello el calor desarrollado. La superficie de la pieza trabajada resulta áspera. No debe esperarse a que el corte esté totalmente destruido para proceder al reafilado. Un afilado más frecuente resulta más económico.

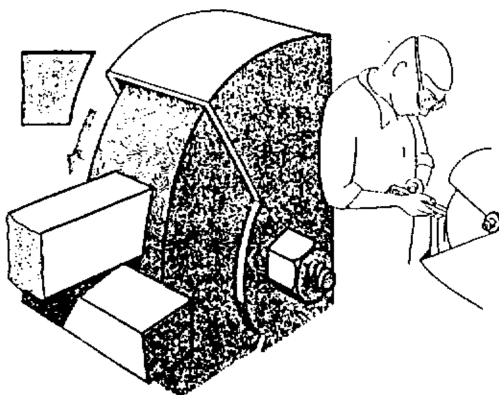


Fig. 30,1. Afilado de la herramienta en el disco plano (no es correcto afilar en forma cóncava la superficie de incidencia).

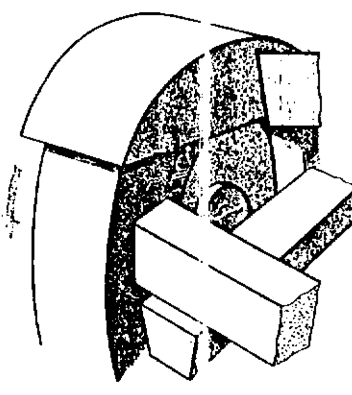


Fig. 30,2. Afilado de la herramienta en la muela de vaso.

El útil de torno se afila primeramente en una muela basta y después en una muela fina. Es ventajoso emplear para el afilado muelas de vaso. En el afilado final hay que mantener los ángulos convenientes para la cuchilla.

En herramientas de metal duro se empieza por dar forma al mango con una muela de electro-corundum. Para afilar la plaquita de metal duro se emplea una muela de carburo de silicio.

Para el afilado ha de tenerse en cuenta lo siguiente:

1. La muela debe girar *contra* la cuchilla (fig. 30,1,2).
2. La presión de esmerilado, o afilado, no debe ser sino moderadamente elevada.
3. En el afilado final el líquido refrigerante debe fluir abundantemente.
4. Hay que evitar el esmerilado cóncavo.
5. Los ángulos de corte deben comprobarse con la galga correspondiente.
6. Las muelas no redondas o sucias deben repararse con un aparato adecuado. *
7. Hay que observar las normas de seguridad (véase pág. 168).

* *N. del T.:* Este aparato consiste generalmente en un soporte con un portaherramientas y su herramienta, siendo esta herramienta un diamante.

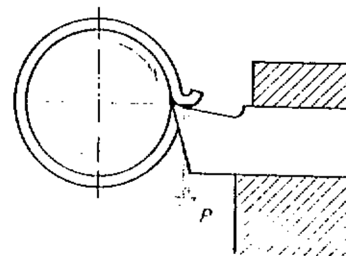


Fig. 31,1. Carga del útil de torno como consecuencia del esfuerzo de corte.

Sujeción de la herramienta.

En el arranque de, viruta, la herramienta está sometida al esfuerzo de corte (fig. 31,1). La magnitud de ese esfuerzo depende de la resistencia del material que se trabaja y de la magnitud de la sección de la viruta.

Ejemplo En el arranque de una viruta de 1 mm de sección de un material St 00.11*, se da lugar a una fuerza de corte de 160 kg. Si la sección de la viruta vale 3 mm, el esfuerzo de corte será proporcionalmente mayor, o sea:

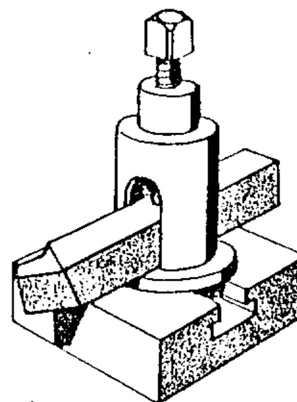
$$P = 160\ \text{kg/mm}^2 \cdot 3\ \text{mm}^2 = 480\ \text{kg}$$

Con objeto de que la herramienta no ceda, no se flexe, bajo la acción del esfuerzo de corte, deberá estar sujeta de modo firme y seguro.

El portaútil o portaherramienta representado en la figura 31,2 se emplea para sujetar el útil de torno en cortes de poca fuerza. Un calce esférico hace posible el rápido reajuste de alturas en 2 ... 3 mm.

El puente de sujeción (o también garra de sujeción) (fig. 31,3) sirve para fijar la herramienta incluso en el caso de cortes fuertes.

El portaútil cuádruple (fig. 31,4) facilita la sujeción simultánea de cuatro útiles que pueden hacerse entrar en funciones rápidamente uno tras otro.



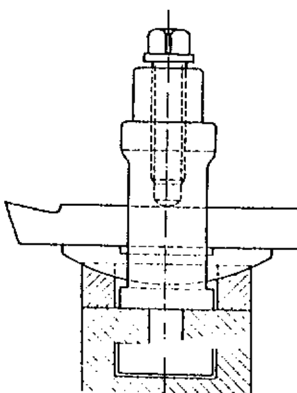


Fig. 31,2. Portaútil.

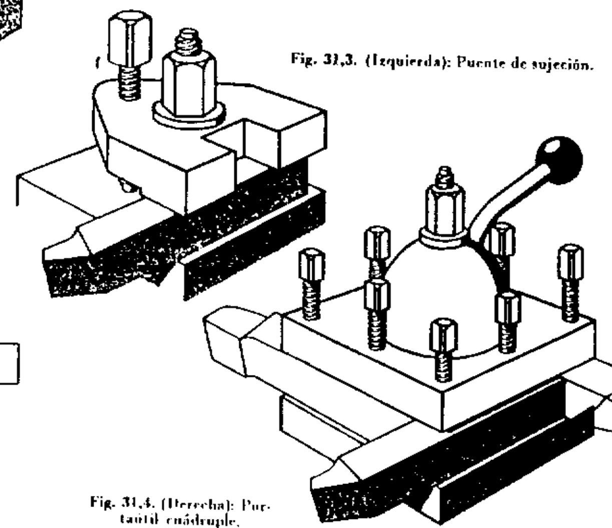


Fig. 31,3. (Izquierda): Puente de sujeción.

Fig. 31,4. (Derecha): Portaútil cuádruple.

* *N. del T.:* Denominación, según las normas DIN, de un acero forjado o laminado, sin alear o de un acero para la construcción de máquinas. Las letras St indican el material que es acero (St = abreviatura de la palabra Stahl, que significa acero); el primer grupo de cifras significa generalmente la resistencia mínima a la tracción y en este caso particular el grupo «00» quiere decir que se trata de un material comercial sin garantía de resistencia; el tercer grupo 11 hace referencia a las dos últimas cifras de la norma alemana que se ocupa del material en cuestión cuyas normas están comprendidas entre los números 1600 y 1699, es decir, que en este caso la norma DIN correspondiente es la 1611.

Ajuste del útil de torno.

Los ángulos de corte no tienen la magnitud deseada nada más que cuando el corte del útil se coloca a la altura del eje longitudinal de la pieza (fig. 32,1). Ajustando el útil por encima o por debajo de ese eje se alteran los ángulos de incidencia y de ataque y con ello también los efectos del corte.

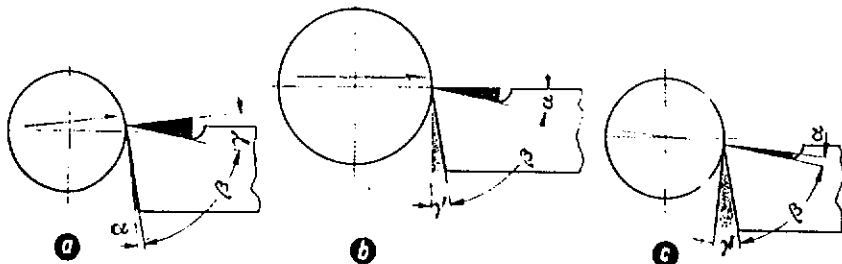


Fig. 32,1. Influencia de la posición en altura del útil sobre la magnitud de los ángulos de incidencia y de ataque: *a)* útil por encima del centro de la sección recta de la pieza; *b)* útil a la altura de ese centro; *c)* útil por debajo del centro.

Posición sobre el centro de la sección recta de la pieza. α se hace menor y con ello se produce un mayor rozamiento entre las superficies de incidencia y de corte. γ aumenta, la viruta se desprende fácilmente y pueden tomarse mayores espesores de viruta. A veces se suele disponer el útil de torno por encima del centro citado en el epígrafe (hasta en un 2 % del diámetro de la pieza) para la operación de desbastado.

Posición por debajo del centro de la sección recta de la pieza. α aumenta y con ello se da lugar a un rozamiento menor entre las superficies de incidencia y de corte. γ se hace menor y las virutas se desprenden con dificultad.

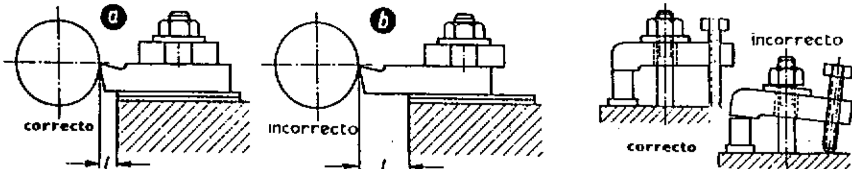


Fig. 32,2. El útil ha de sujetarse con tan poco vuelo como sea posible: *a)* longitud libre (l) pequeña, correcto; *b)* longitud libre demasiado larga, incorrecto

Fig. 32,3. Sujeción del útil por medio del puente de sujeción.

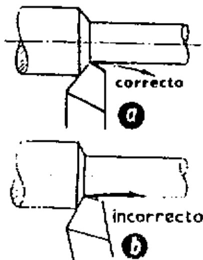


Fig. 32,4. Posición del útil de desbastar con relación al eje de rotación de la pieza: *a)* útil perpendicular al eje de rotación (correcto); *b)* útil oblicuo con relación al eje de rotación (incorrecto).

La altura correcta del útil de torno se obtiene calzando con chapas que habrán de ser planas y estar limpias.

La fuerza de corte hace trabajar el útil a flexión, siendo la flexión experimentada tanto mayor cuanto mayor sea el vuelo con que se ha sujetado el útil. Como consecuencia del encorvamiento experimentado, oscila el útil introduciéndose en la pieza, lo que da por resultado que ésta resulte con la superficie rugosa, poco limpia. La longitud que vuela en el útil debe mantenerse, por lo tanto, todo lo pequeña que se pueda (fig. 32,2).

El puente de sujeción debe hallarse en posición horizontal (fig. 32,3). Cuando esto no se verifica, la sujeción no resulta segura y las consecuencias pueden ser peligro de accidente o trabajo poco limpio.

Los útiles de desbastar deben sujetarse perpendicularmente al eje de rotación de la pieza que se tornea (fig. 32,4) con objeto de que si las virutas son gruesas, flexen separándose de la pieza.

> *Observación:*
> **No sujetar ni soltar los útiles de torno con la máquina en marcha.**

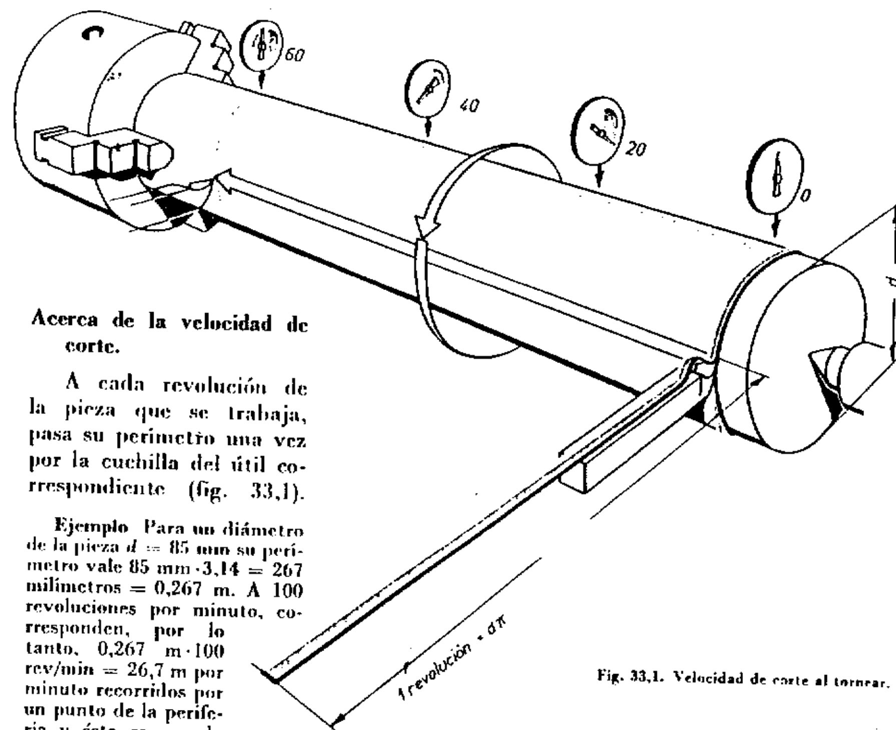


Fig. 33,1. Velocidad de corte al tornear.

Acerca de la velocidad de corte.

A cada revolución de la pieza que se trabaja, pasa su perímetro una vez por la cuchilla del útil correspondiente (fig. 33,1).

Ejemplo Para un diámetro de la pieza $d = 85$ mm su perímetro vale 85 mm · 3,14 = 267 milímetros = 0,267 m. A 100 revoluciones por minuto, corresponden, por lo tanto, 0,267 m · 100 rev/min = 26,7 m por minuto recorridos por un punto de la periferia y ésta es, por lo tanto, la velocidad circunferencial de la pieza.

La velocidad circunferencial de la pieza es, al mismo tiempo, la velocidad con que es arrancada una viruta y se llama ***velocidad de corte.***

La velocidad de corte constituye una medida de la rapidez del movimiento de corte.

La velocidad de corte se designa con v, el diámetro de la pieza en milímetros con d y el número de revoluciones de la pieza por minuto con n. La velocidad de corte será entonces

$$\boxed{v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}} \quad \text{en m/min.}$$

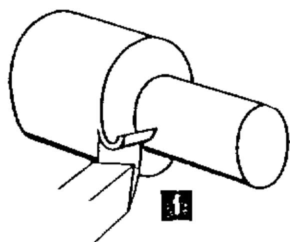
Ejemplo: Tratemos de calcular la velocidad de corte con la que se tornea una pieza.

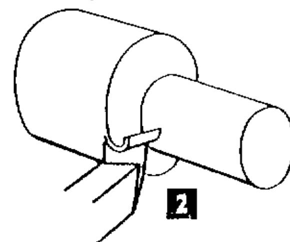
Datos: diámetro de la pieza $d = 50$ mm, número de revoluciones $n = 160$/min.

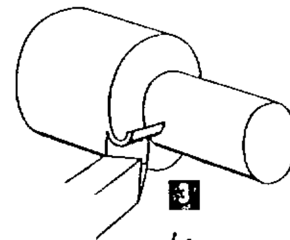
Solución: $v = \dfrac{\pi \cdot d \cdot n}{1000}$; $\quad v = \dfrac{3{,}14 \cdot 50 \text{ mm} \cdot 160 \text{ rev/min}}{1000} = 25{,}12$ m/min.

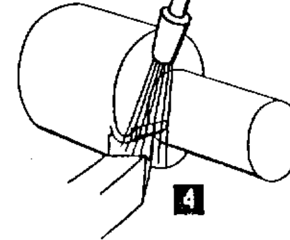
No se puede trabajar con una velocidad de corte cualquiera. Si la velocidad de corte es demasiado *pequeña*, el tiempo invertido en el trabajo resulta demasiado largo, y si la velocidad es demasiado *grande*, la cuchilla pierde su dureza como consecuencia del fuerte calentamiento sufrido y se desgasta rápidamente, teniendo que ser afilada con frecuencia.

Interesa, pues, escoger la velocidad de corte más adecuada para cada caso.









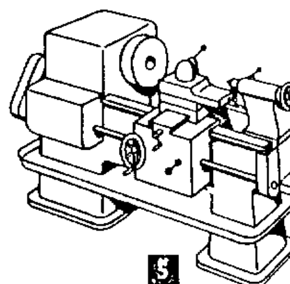


Fig. 34,1. Influencia de la velocidad de corte.

Para la determinación de la velocidad de corte influyen generalmente las siguientes circunstancias:

1. **Material de la pieza.** Los materiales duros desarrollan en el arranque de viruta más calor que los blandos y por esta razón se deben trabajar con velocidad de corte más reducida que estos últimos.

2. **Material de la herramienta.** El material duro soporta más calor que los aceros rápidos y permite por esta razón el empleo de velocidades de corte mayores.

3. **Sección de viruta.** Cuando se tornea con virutas pequeñas (afinado, alisado) la velocidad de corte puede ser mayor que cuando las virutas son gruesas (desbastado) porque las grandes secciones de viruta desarrollan más calor que las pequeñas.

4. **Refrigeración.** Con una buena refrigeración se puede emplear una velocidad de corte mayor que si torneamos en seco.

5. **Tipo de construcción de máquina.** Una máquina robusta puede soportar velocidades de corte más altas que otra de construcción más ligera. La máquina debe estar dispuesta de tal modo que pueda aplicarse en ella la velocidad de corte elegida.

Cuando se elige la velocidad de corte hay que tener en cuenta, a veces, la sujeción de la herramienta, por ejemplo, si está volada, desequilibrada, etc. Se tiene que tener en cuenta también la clase de torneado. Si, por ejemplo, el terminar de tornear un gran agujero tarda 300 minutos y el trabajo ha de ser realizado sin cambio de herramienta, habrá que mantener la velocidad convenientemente reducida con objeto de que la cuchilla no se embote durante el trabajo.

Las velocidades de corte más apropiadas para cada trabajo han sido determinadas por medio de ensayos. La duración de un corte de útil entre dos operaciones de afilado se llama *tiempo de duración*. Los valores prácticos (T 35,1) se han elegido de tal modo que los tiempos de duración para acero de herramientas y para acero rápido son de 60 minutos y para las herramientas de metal duro, de 240 minutos. Si se elige una velocidad de corte más alta que lo que indican las tablas, el tiempo de duración será menor y en caso contrario sucederá al revés.

Determinación del número de revoluciones.

La velocidad de corte admisible se toma de la tabla 35,1.

Ejemplo: Para desbastar un eje de St 50.11* con acero rápido, según la tabla 35,1 resulta conveniente una velocidad de 22 m/min.

En el trabajo de torno hay que saber con qué número de revoluciones por minuto debe moverse la pieza para que se tenga la velocidad de corte deseada.

T. 35,1. DATOS PRÁCTICOS PARA ÁNGULOS DE CORTE — VELOCIDADES DE CORTE — AVANCES — ESPESOR DE VIRUTA — REFRIGERACIÓN

Material	Útil	Ángulos de corte			Desbastado ▽ Espesor viruta $a \approx 4 \ldots 10 \cdot s$			Afinado ▽▽ Espesor viruta $a \approx 2 \ldots 5 \cdot s$			Refrigeración y lubricación	
		α	β	γ	Veloc. corte v m/min	Avance s mm/rev	Espes. viruta a mm	Veloc. corte v m/min	Avance s mm/rev	Espes. viruta a mm	en el desbastado ▽	en el afinado ▽▽
Acero Resistencia 50 kg/mm²	W	8°	62°	20°	11	0,5	4	20	0,2	1		
	SS				22	1	10	30	0,5	1	T	T ó P
	H	5°	67°	10°	150	2,5	15	250	0,25	1,5		
50-70 kg/mm²	W	8°	68°	14°	10	0,5	4	15	0,2	1		
	SS				20	1	10	24	0,5	1	T	T ó P
	H	5°	71°	14°	120	2,5	15	200	0,25	1,5		
70-85 kg/mm²	W	8°	74°	8°	8	0,5	4	12	0,2	1		
	SS				15	1	10	20	0,5	1	T	T ó P
	H	5°	73°	12°	80	2	15	140	0,2	1,5		
Acero de herramientas	W	6°	81°	3°	6	0,5	3	8	0,2	1		
	SS				12	1	8	16	0,5	1	T	T ó P
	H	5°	83°	2°	30	0,6	5	50	0,15	1		

W = acero de herramientas; SS = acero rápido; H = metal duro; T = taladrina; C = aceite de colza; P = petróleo

Para tallar roscas v aprox. ⅓ de la velocidad de corte que se emplea para cilindrar

Determinación del número de revoluciones mediante cálculo.

Ejemplo I: Se quiere calcular el número de revoluciones dados los siguientes datos:

$d = 125$ mm; $v = 20$ m/min.

Solución:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 20 \text{ m/min}}{3{,}14 \cdot 125 \text{ mm}} \approx 51 \text{ rev/min}$$

Ejemplo II: Se quiere calcular también el número de revoluciones partiendo de los siguientes datos: $d = 55$ mm; $v = 20$ m/min.

Solución:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 20 \text{ m/min}}{3{,}14 \cdot 55 \text{ mm}} \approx 116 \text{ rev/min}$$

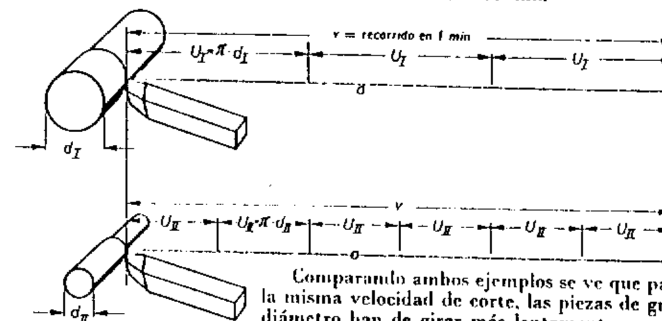


Fig. 35,1. Cálculo del número de revoluciones.

Comparando ambos ejemplos se ve que para la misma velocidad de corte, las piezas de gran diámetro han de girar más lentamente que las de diámetro pequeño (fig. 35,1). Por esta razón son tan importantes para el trabajo de torno los mecanismos para el cambio del número de revoluciones.

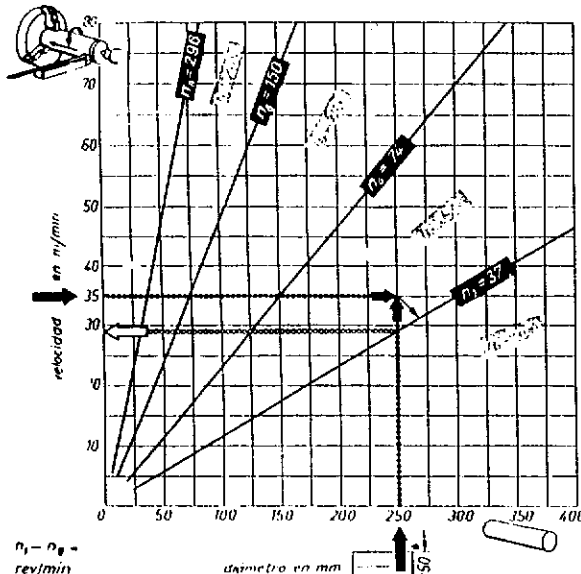
* N. del T.: Véase nota de página 31.

Determinación del número de revoluciones por medio de gráficos de la velocidad de corte.

El cálculo del número de revoluciones exije mucho tiempo. En el taller lo más corriente es leer el número de revoluciones por medio de gráficos (fig. 36,1). Estos gráficos o diagramas, que pueden adoptar diversas formas, van frecuentemente dispuestos en los mismos tornos.

Ejemplo I: $d = 250$ mm; $v = 35$ m/min; $n = ?$

Solución. En el diagrama se sigue hacia arriba la vertical que pasa por 250 mm y hacia la derecha la horizontal que pasa por 35 m/min. El punto de intersección de ambas rectas cae entre los rayos $n_2 = 37$ y $n_3 = 53$; en este caso se elige $n_2 = 37$. Con esto se tiene una velocidad de corte (sígase la flecha hacia la izquierda) de ≈ 20 m/min.



Ejemplo II: $d = 150$ mm; $v = 25$ m/min; $n = ?$

Solución: En 150 mm se tira verticalmente hacia arriba y en 25 m/min horizontalmente hacia la derecha. En el punto de intersección de ambas rectas se halla el rayo $n_3 = 53$ rev/min.

Ejemplo III: Una pieza de 50 mm de diámetro es torneada con un número de revoluciones igual a 150 por minuto. ¿Qué valor tiene la velocidad de corte?

Solución: Partiendo de 50 mm se sigue hacia arriba la vertical correspondiente hasta encontrar el rayo $n_4 = 150$; desde el punto de intersección se sigue hacia la izquierda la horizontal que pasa por el citado punto obteniéndose así $v \approx 24$ m/min.

Fig. 36,1. Diagrama de velocidades de corte.

Construcción de un diagrama de velocidades de corte. Cuando nos son conocidos los números de revoluciones de un torno, puede trazarse de modo muy fácil el correspondiente gráfico.

1. La línea horizontal inferior se divide en partes iguales y la vertical izquierda también en partes iguales correspondiendo ambas divisiones respectivamente a los diámetros y a las velocidades de corte.
2. Para un diámetro, por ejemplo para 75 mm, se calculan con los números de revoluciones disponibles $n_1 \dots n_4$ las velocidades de corte que corresponden, por ejemplo

$$v = \frac{3,14 \cdot 75\ \text{mm} \cdot 26\ \text{rev/min}}{1000} = 6,1\ \text{m/min}$$

y así sucesivamente para todos los valores hasta el n_4.
3. Las velocidades calculadas se sitúan sobre la vertical correspondiente a 75 mm y a partir de la antes citada horizontal.
4. Desde el punto cero se trazan los rayos que pasan por los puntos marcados en la vertical citada y se designan con $n_1 \dots n_4$.

Avance, profundidad, clases y formas de viruta.

Junto a la elección correcta del número de revoluciones influyen sobre el rendimiento de la operación de tornear, el avance y la profundidad de viruta.

Sección de viruta (fig. 37,1). Se entiende por avance el recorrido (en mm) que realiza el útil en *cada* revolución de la pieza al cilindrar o al refrentar. La sección de viruta (A) se obtiene mediante multiplicación del avance (s) por la profundidad de la viruta (a).

Ejemplo: $s = 0,8$ mm/rev, $a = 3$ mm. Calcular A.

Solución: $A = a \cdot s = 0,8$ milímetros · 3 mm = 2,4 mm.

Las secciones a, b, c (figura 37,1) son de igual magnitud. La sección c es, no obstante, menos conveniente que las a y b porque la presión de la viruta (presión de corte) y el calor desarrollado durante el torneado, solamente se reparten sobre la estrecha cuchilla que actúa sobre el corte. La cuchilla resulta con ello muy castigada y su tiempo de duración disminuye. En las secciones a y b el avance y la profundidad de viruta son los mismos, pero en virtud del menor ángulo de posición la viruta a resulta más ancha y más delgada que la b.

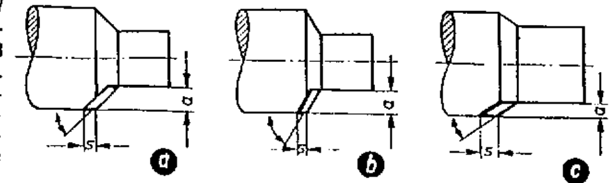


Fig. 37,1. Influencia de la profundidad de viruta a, del avance s y del ángulo de posición sobre la sección de viruta: a) y b) secciones de viruta convenientes c) sección de viruta no conveniente.

Es conveniente trabajar con pequeño avance, con gran profundidad de corte (o sea de viruta) y con ángulo de posición de unos 45°. La relación entre el avance y la profundidad de viruta debe oscilar entre 1 : 5 y 1 : 10.

Cuanto mayor sea la sección de viruta y más duro el material, tanto mayor será el esfuerzo de corte que actúa sobre el filo del útil. Del producto del esfuerzo de corte por la velocidad de corte, se deduce la potencia del motor de accionamiento del torno. Como la potencia motora es fija (por ejemplo, 5 kW), un gran esfuerzo de corte exigirá una velocidad de corte reducida y viceversa.

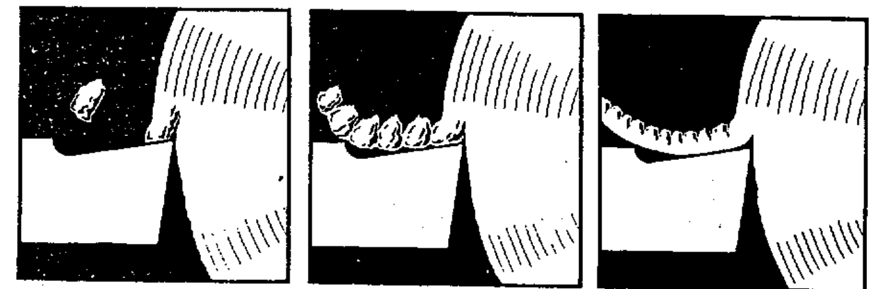


Fig. 37,2. Clases de viruta. Viruta arrancada (izquierda), viruta cortada (centro), viruta plástica (derecha).

Clases de virutas (fig. 37,2). En los materiales frágiles, quebradizos, como, por ejemplo, la fundición o el bronce, las virutas se desprenden en forma de *virutas arrancadas*. Las *virutas cortadas* se forman en el caso de materiales tenaces y reducidas velocidades de corte. Cuando los materiales trabajados son tenaces y las velocidades de corte elevadas, se forman las llamadas *virutas plásticas*; en este caso la superficie obtenida es muy lisa.

Formas de virutas. Las virutas pueden tener formas distintas: virutas finas (virutas en forma acicular, virutas desmenuzables), virutas cortas (virutas en trozos espirales y helicoidales), virutas largas (hélices largas y estrechas o anchas, virutas enmarañadas). En el torneado son deseables las virutas cortas por no ser peligrosas y porque se transportan fácilmente. Se obtienen mediante esmerilado de un escalón en la cuchilla.



Fig. 37,3. Escalón para dar forma a la viruta (o).

MECANIZADO DE PERNOS LISOS *

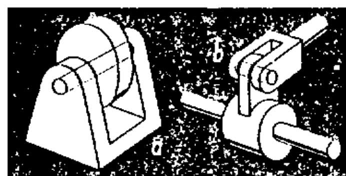


Fig. 38,1. Ejemplos de aplicación de pernos: a) Suspensión de un rodillo en un cojinete; b) unión articulada.

Los pernos tienen aplicación en construcción de maquinaria y en construcción de montajes y aparatos así como en la de vehículos (fig. 38,1,2). Se construyen de acero, y con diámetros que varían de los 3 a los 100 mm (diámetros normalizados**). Generalmente los pernos se hallan sometidos a esfuerzos de cortadura o de flexión (fig. 38,3).

Los pernos no se mecanizan en el torno ordinario sino cuando se trata de piezas sueltas. Cuando se trata de gran número de piezas se utilizan los tornos-revólver o automáticos. Los pernos templados se terminan de trabajar por medio de rectificado.

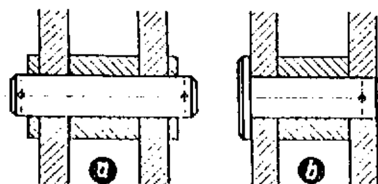


Fig. 38,2. Forma de pernos: a) perno sin cabeza (DIN 1433); b) perno con cabeza (DIN 1434).

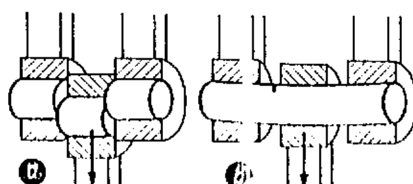


Fig. 38,3. Modo de trabajar los pernos: a) esfuerzo cortante; b) flexión.

30 $\varnothing$ +0,2

60 ±0,2

1	Perno	1	St 34.11	34 $\varnothing$ X 65
Nº de orden	Designación	Piezas Nº	Material	Medidas bruto

Fig. 38,4. Dibujo de taller.

Ejemplo de trabajo:

Trabajo encargado: Mecanizado de pernos lisos según plano (figura 38,4).

Lectura del plano: El plano nos da idea sobre la forma, naturaleza de las superficies, medidas y número de piezas a fabricar, así como sobre las medidas en bruto y el material. La naturaleza de las superficies se indica mediante signos. Nuestro perno ha de ser alisado o afinado (▽▽) en su superficie lateral y desbastado (▽) en sus bases. Para el diámetro del perno se indica la cota 30 ø + 0,2, es decir, que el perno no debe resultar después de torneado con diámetro mayor de 30,2 milímetros (cota máxima) ni menor de 30,0 mm (cota mínima). En la fabricación debe procurarse la cota media:

$$\frac{30{,}2\ \text{mm} + 30{,}0\ \text{mm}}{2} = 30{,}1\ \text{mm}$$

La cota 60 ± 0,2 mm indicada en el plano, nos dice que la longitud media debe ser en lo posible igual a 60 mm.

* La designación liso no se refiere aquí a la naturaleza de la superficie. Al decir aquí «pernos lisos» queremos decir que los pernos han de tener el mismo diámetro en toda su longitud.

** Véase Jütz-Scharkus, Stoff-Zahl-Form, Tabellen für Metallgewerbe (Material-Número-Forma, tablas para la industria metalúrgica), Georg Westermann Verlag, Braunschweig.

Comprobación de la pieza en bruto. A la vista del plano se determina por medición si las medidas en bruto de la pieza corresponden a las cotas que se indican en el dibujo. Aparte de esto, hay que examinar la pieza por si el material presentara defectos visibles a simple vista. Si se manifestase, una vez que ya se está trabajando en ella, que la pieza en bruto no es aprovechable, perderíamos, inútilmente, un tiempo de trabajo precioso.

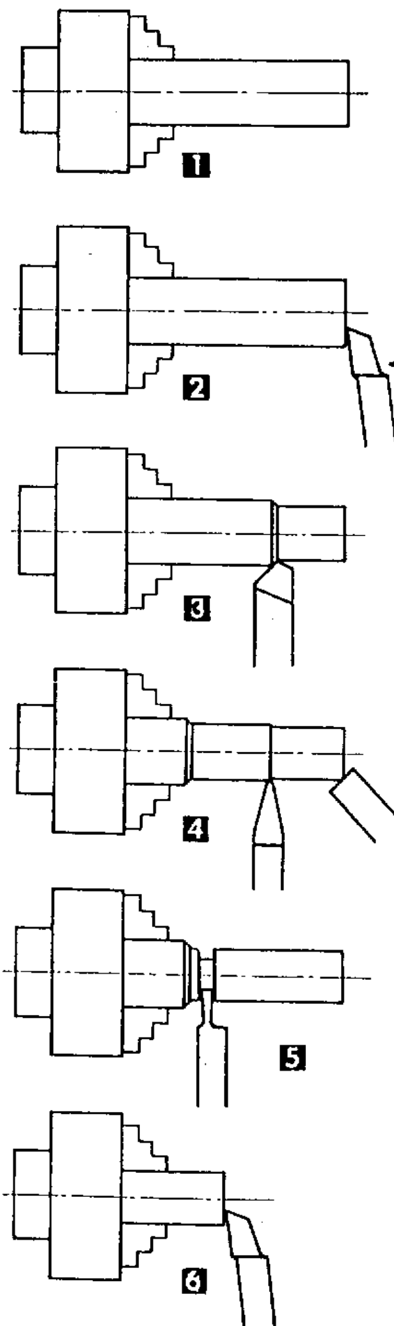
Trazado del plan de trabajo. Antes de empezar a trabajar se piensa en qué orden de sucesión es más ventajoso que se ejecuten los procesos de trabajo y qué herramientas son necesarias para la labor de torno.

Plan de trabajo.

	Fases del trabajo	Herramientas
1	Sujeción de la pieza en bruto	Plato de sujeción
2	Refrentado de la cara frontal	Útil de corte lateral
3	Desbastado	Útil de desbastar
4	Afinado, desbarbado	Útil de afinar, útil a mano
5	Tronzado	Útil de tronzar
6	Refrentado de la segunda cara frontal, desbarbado	Útil de corte lateral, útil a mano
Instrumentos de medida: regla de acero, pie de rey		

El perno hay que «trabajarlo de la barra» y, por lo tanto, la pieza en bruto que nos den debe venir en forma de barra. Para este trabajo resulta adecuado un torno de puntos de tamaño mediano.

Sujeción de la pieza en bruto (fig. 42,1). Para sujetar la barra puede emplearse el plato de tres mordazas. El perno, después de cilindrado, se separa de la barra por tronzado, razón por la cual la barra deberá sobresalir bastante del plato.



Torneado de pernos.

La pieza en bruto se suministra a veces cortada en forma oblicua. Mediante refrentado se hace que las caras frontales queden planas y normales al eje de la pieza (fig. 40,1). Como herramienta de torno se utiliza una cuchilla de corte lateral a la derecha.

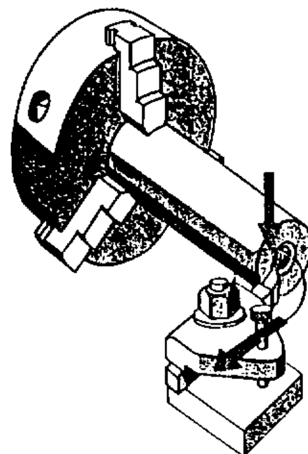


Fig. 40,1. Refrentado de las superficies frontales.

Con *una* pasada se desbasta el perno a un diámetro de, aproximadamente, 30,7 mm, empleando para ello un útil de desbastar con corte a la derecha (fig. 40,2).

Para obtener una velocidad de corte de 25 m por minuto se necesita un número de revoluciones igual a 250 rev/min. Resulta conveniente adoptar un avance de 0,3 mm por revolución.

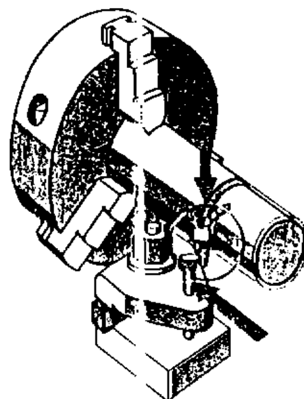


Fig. 40,2. Desbastado del perno.

En el afinado se tornea el perno a su medida final con útil de afinar (fig. 40,3).

La velocidad de corte puede ser ahora de 30 m/min y para que la superficie resulte lisa se elegirá un avance de 0,1 mm por revolución.

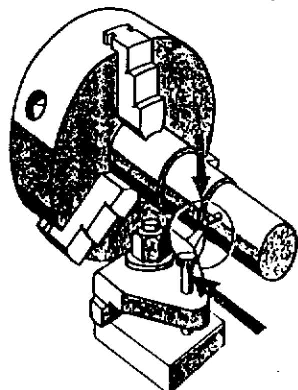


Fig. 40,3. Afinado del perno.

Mediante tronzado se separa de la barra el perno obtenido (fig. 40,4).

Como después del tronzado debe ser aún refrentada la otra cara frontal, habrá que tronzar el perno a una longitud algo mayor que la nominal. Después de tronzar hay que refrentar la 2.ª cara frontal y tornear el perno a la longitud que debe tener. Además, habrá que desbarbar los cantos. Con objeto de que no se produzcan en la superficie del perno las marcas de las mordazas, se emplea un manguito de sujeción (fig. 42,4).

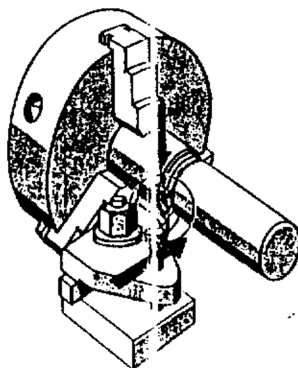


Fig. 40,4. Tronzado del perno.

Medición y verificación* del perno.

El perno fabricado se dice que es «bueno» cuando la naturaleza de su superficie y sus dimensiones responden a los datos indicados en el plano.

La naturaleza de la superficie se verifica por examen visual y por tacto.

Superficies desbastadas: Las marcas o surcos del mecanizado pueden notarse al tacto y a la vista.

Superficies alisadas: Las señales del mecanizado pueden aún apreciarse a la vista.

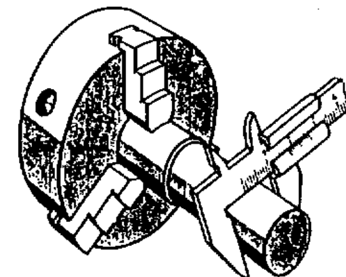


Fig. 41,1. Medición del diámetro con el pie del rey.

La medición es necesaria:

1. Antes de empezar el trabajo para comprobar las medidas en bruto.
2. Durante el mecanizado, para poder mantener las medidas prescritas (medición sólo con máquina parada).
3. Después de terminada la pieza para comprobar si el perno es «bueno» o es «desperdicio».

Para medir el diámetro se utiliza el pie de rey (fig. 41,1). La longitud del perno se mide en la operación de tronzado con la regla graduada o el metro de acero (fig. 41,2) o con el calibre de profundidades y a la hora del torneado final con el pie de rey.

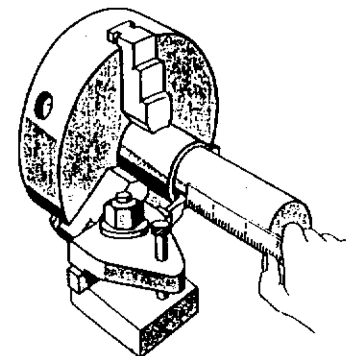


Fig. 41,2. Medición de la longitud con la regla graduada o el metro de acero.

Al elegir un instrumento de medida hay siempre que tener en cuenta el grado de exactitud de la pieza a medir. En el caso del perno (fig. 38,4) la tolerancia admisible es de ± 0,2 y de ± 0,2. El pie de rey tiene generalmente una exactitud de medida de 0,1 mm y constituye en este caso el instrumento adecuado. El empleo de un calibrador de husillo, o pálmer, que tiene una exactitud de 0,01 mm y es mucho más caro que un pie de rey sería aquí innecesario y antieconómico.

La medida determinada por medición es lo que se llama *medida real*.

> *Observación:*
> **No deben medirse nunca las piezas mientras se están torneando; existe peligro de accidente y se produce deterioro del instrumento de medida.**

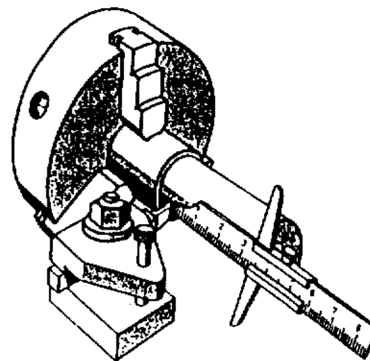


Fig. 41,3. Medición de la longitud con el calibre de profundidades.

* *N. del T.:* Es corriente llamar a las operaciones de comprobación de dimensiones y de la precisión del trabajo realizado, *verificación*, empleando un galicismo muy extendido en nuestros talleres.

Torneado de piezas cilíndricas cortas.

Sujeción de las piezas. Al tornear, el movimiento de corte se transmite de la máquina a la pieza mediante un aparato de sujeción (por ejemplo, un plato de sujeción).

El funcionamiento de la mayoría de los aparatos de sujeción se basa en el rozamiento que se produce en virtud del esfuerzo de sujeción. El rozamiento evita que el esfuerzo de corte desplace de su sitio a la pieza (fig. 42,3).

Para sujetar piezas cortas, lo más frecuente es el empleo de platos centradores con dos, tres o cuatro mordazas. El más corriente es el plato de tres mordazas, porque con él se pueden sujetar también piezas no redondas dándoles una posición centrada. Las mordazas de sujeción pueden ser movidas de distintos modos, es decir, con fileteado plano o con cremalleras cuneiformes (figs. 42,4, 5).

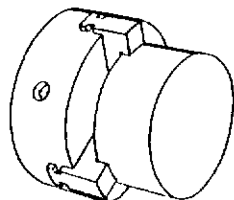


Fig. 42.1. Sujeción entre mordazas escalonadas exteriores.

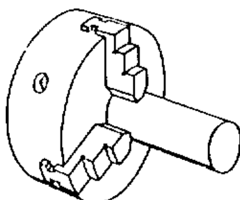


Fig. 42.2. Sujeción entre mordazas escalonadas interiores.

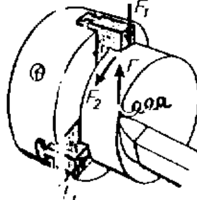
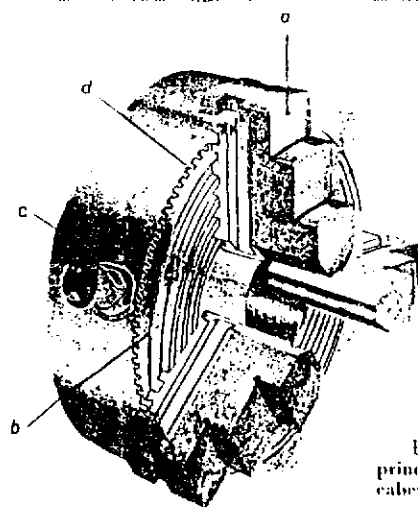


Fig. 42,3. Esfuerzos de corte y de sujeción. F = esfuerzo de corte (esfuerzo de reacción); F_1 = esfuerzo de sujeción; F_2 = esfuerzo de arrastre.



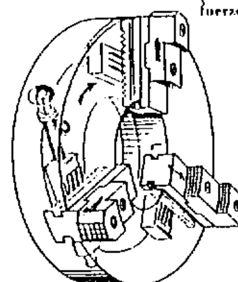


Fig. 42,5. Plato de cremalleras cuneiformes (plato de Forkardt). Tres cremalleras con dientes cuneiformes engranan en los dientes de las mordazas. Un anillo de accionamiento enlaza las cremalleras y asegura una marcha igual de las tres.

Fig. 42,4. Plato de tres mordazas con rosca plana. Una rosca plana b es accionada por medio de un piñón cónico a través de una corona dentada d moviendo hacia afuera o hacia adentro las mordazas a que van convenientemente guiadas.

El plato debe girar a la misma velocidad que el husillo principal. Para ser usado se atornilla a la rosca de la cabeza de este husillo principal. En esto hay que tener en cuenta:

1. Las roscas y superficies de contacto deben estar exentas de suciedad pues, en caso contrario, el plato no girará concéntricamente.
2. Mientras se atornilla el plato no debe ser embragado el torno, por el peligro de accidente que ello entraña.

Las piezas deben ser introducidas todo lo profundamente que se pueda en el plato con objeto de que queden bien fijas. Cuando no se quiere que una pieza resulte dañada al sujetarla, se la protege por medio de un casquillo hendido.

Normas a seguir en el trabajo de cilindrado y de refrentado.

1. Sujétese bien y de modo seguro la pieza a trabajar.
2. Cuando se mecanicen piezas que puedan flexarse, trabájese con ángulos de posición grandes (figura 43,1).
3. Determinar correctamente el número de revoluciones y el avance.
4. Tornear primero una pequeña porción de la pieza y comprobar el diámetro con la máquina *desembragada*.
5. Para establecer la viruta utilícese el anillo de ajuste de los carritos transversal o de refrentar y superior o portaútil.
6. Antes de desembragar o parar la máquina, sacar del corte el útil, pues en caso contrario puede quebrarse la cuchilla.
7. Al final de la carrera desconectar a tiempo el avance.

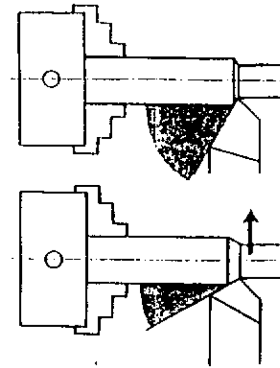


Fig. 43.1. Un pequeño ángulo de posición da lugar a flexión.

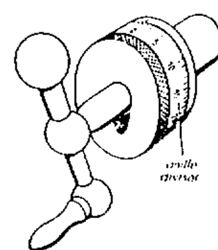
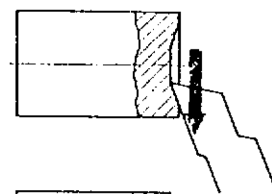


Fig. 43,2. (Izquierda): Mediante giro de una división en el husillo divisor, el útil de torno avanza generalmente 0,05 mm.



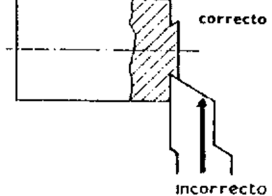


Fig. 43,3. (Derecha): Al refrentar con el útil de corte lateral la viruta tiene que ser separada con el corte principal.

8. Para afinar hay que emplear un útil de afinar o alisar bien afilado. Elegir como exceso o margen para el afinado unos 0.5 mm. En lo posible, hay que prescindir de repasar y alisar la pieza con la lima, porque con ello puede perderse su forma cilíndrica.
9. Al refrentar colocar el útil exactamente en el centro y moverlo de dentro a afuera (fig. 43,3).

Refrigeración y lubricación al tornear.

Con el arranque de viruta se produce calor en el punto de corte en virtud del rozamiento, siendo tanto mayor el desarrollo de calor cuanto mayor sea la velocidad de corte. El calentamiento intenso disminuye el tiempo de duración del útil. Con el auxilio de medios refrigerantes, que por lo general son al mismo tiempo también lubricantes, se elimina el calor y se disminuye el rozamiento entre la pieza y el útil. La clase de medio refrigerante viene determinada por el material que se trabaja y por el tipo de mecanizado (T. 35,1).

> *Observación:*
>
> **¡Al mecanizar aleaciones de magnesio no debe emplearse nunca agua, pues existe peligro de explosión!**

Ranurar y tronzar al torno.

Ranurar. Con esta operación (fig. 44.1) se trata de hacer ranuras en las piezas mediante torneado. Para esto, se emplean útiles llamados de ranurar o de hacer gargantas (fig. 44.2). La cuchilla en cuestión tiene diferente anchura según el trabajo que se haya de realizar.

En ángulo de ataque es de 0° para materiales frágiles y de 12° para materiales blandos. La magnitud del ángulo de incidencia varía entre los 3° y los 8°.

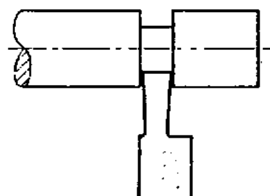


Fig. 44.1. Ranurado.

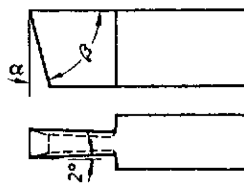


Fig. 44.2. Útil de ranurar.

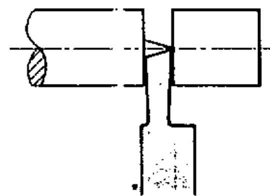


Fig. 44.3. Tronzado.

Tronzado. Las piezas se cortan mediante tronzado (fig. 44.3).
Con objeto de evitar la pérdida innecesaria de material, la cuchilla se hace estrecha. Cuando no ha de quedar en la pieza cortada espiga alguna, la cuchilla recibe un afilado oblicuo.

Estado superficial de las piezas.

Aparte de la *exactitud de medidas*, cuando se trabaja una pieza se le exige que quede con una *determinada calidad superficial*.
Superficie teórica o exigida es la superficie que se pide a la pieza terminada. Se indicará en el dibujo mediante signos normalizados (T. 44.1).
Superficie real o práctica es la superficie que resulta al terminar el mecanizado.
En la calidad superficial hay que distinguir entre la uniformidad y la lisura de la superficie (fig. 44.4). Las cavidades que presenta la superficie real (asperezas) vienen caracterizadas por la profundidad de marcas o surcos (fig. 44.5) que pueden medirse mediante aparatos especiales.



Fig. 44.4. Uniformidad y lisura de superficies (dibujo exagerado). *a)* Uniformidad y lisura buenas; *b)* Uniformidad imperfecta, lisura buena; *c)* Uniformidad buena, lisura imperfecta; *d)* Uniformidad y lisura imperfectas.



Fig. 44.5. La profundidad de marcas *R* (dibujo exagerado) se mide en *μ* (1 *μ* = 1/1000 mm).

T. 44,1. Signos superficiales

Signo superficial	Significado	Profundidad de marcas en *μ*	Signo superficial	Significado	Profundidad de marcas en *μ*
Sin signo	Superficies brutas, como las que se obtienen por trabajo sin arranque de viruta (laminado, forja colada, etc.)	arbitrario	Dos triángulos	Superficies tales como las que resultan en trabajos de afinado con arranque de viruta. Los surcos son todavía visibles a simple vista.	hasta 25
Signo de aproximado	Superficies brutas, como las obtenidas en una fabricación cuidadosa sin arranque de viruta (por ejemplo en fundición cuidadosa).	arbitrario	Tres triángulos	Superficies tales como las que resultan en un *afinado fino* con arranque de viruta. Las marcas no se ven ya a simple vista.	hasta 1
Un triángulo	Superficies tales como las que resultan en trabajos de desbastado con arranque de viruta. Las marcas se notan al tacto y se ven a simple vista.	hasta 100	Cuatro triángulos	Superficies tales como las que resultan mediante un afinado superfino, por ejemplo, el lapeado (también llamado laminado o variado) y el repasado.	hasta 1

Cálculo del tiempo invertido en el torneado.

Las normas para la determinación del tiempo de trabajo han sido establecidas en Alemania por REFA (antiguamente Reichsausschuss für Arbeitszeitermittlung y ahora Verband für Arbeitsstudien). Llamaremos tiempo disponible (T) al tiempo que se da al obrero para realizar un trabajo (por ejemplo, fabricación de un perno). Este tiempo se compone de tiempos parciales (fig. 45.1).

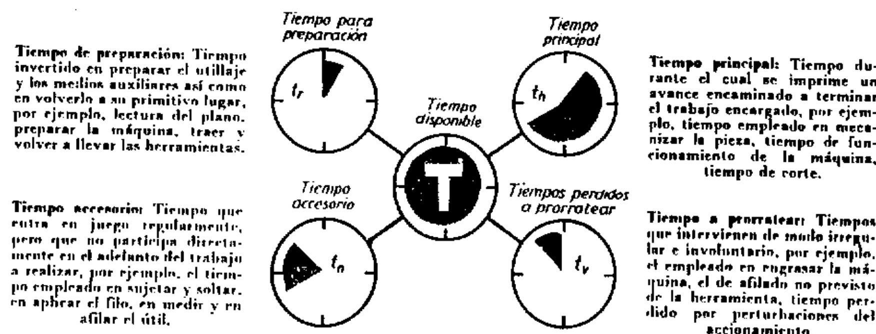


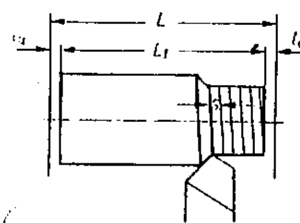
Fig. 45,1. Composición del tiempo disponible para el encargo.

El tiempo principal (t_h) puede obtenerse mediante cálculo.

$$\text{tiempo principal} = \frac{\text{trayecto de trabajo}}{\text{avance/min}} \qquad t_h = \frac{L}{s \cdot n}$$

Notaciones: L = longitud torneada (L = longitud pieza + recorrido anterior + recorrido ulterior).

$L = L_1 + l_a + l_u$; s = avance en mm/rev; n = revoluciones por minuto

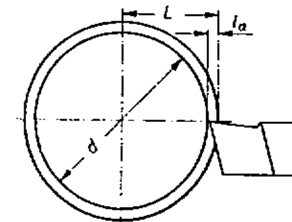


Torneado cilíndrico:

Ejemplo: $d = 80$ mm; $L_1 = 490$ mm; $l_a = l_u = 5$ mm; $v = 20$ m/min; $s = 0.5$ mm/rev.

Solución: $L = 490$ mm $+ 5$ mm $+ 5$ mm; $n = 74$ rev/min (véase tabla pág. 36)

$$t_h = \frac{L}{s \cdot n} = \frac{500\text{ mm}}{0.5\text{ mm} \cdot 74\text{ rev/min}} = 13.5\text{ min}$$



Refrentado: la longitud torneada L corresponde aquí al radio adicionado en el recorrido anterior: $L = r + l_a$

Ejemplo: $d = 190$ mm, $l_a = 5$ mm, $v = 20$ m/min, $s = 0.5$ mm/rev.

Solución: $L = \frac{190\text{ mm}}{2} + 5\text{ mm} = 100$ mm; $n = 37$ rev/min (véase tabla de pág. 36)

$$t_h = \frac{L}{s \cdot n} = \frac{100\text{ mm}}{0.5\text{ mm} \cdot 37\text{ rev/min}} = 5.4\text{ min}$$

MECANIZADO DE PERNOS CON ESPIGA EN LOS EXTREMOS

Los pernos con espigas o gorrones en los extremos se emplean frecuentemente para fijar o asegurar una determinada distancia entre dos piezas o elementos de máquina, por ejemplo entre dos piezas de unión (fig. 46,1).

Ejemplo de trabajo.

Trabajo encargado: Tornear un perno (fig. 46,2) con dos vástagos o espigas. La pieza en bruto está constituida por un redondo de acero estirado (obsérvese la letra «z» colocada tras la designación del material *) y se suministra con longitud en bruto.

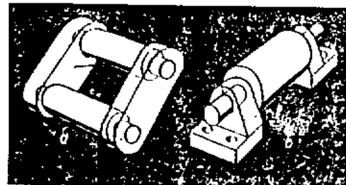


Fig. 46,1. Ejemplos de aplicación de pernos con espigas.

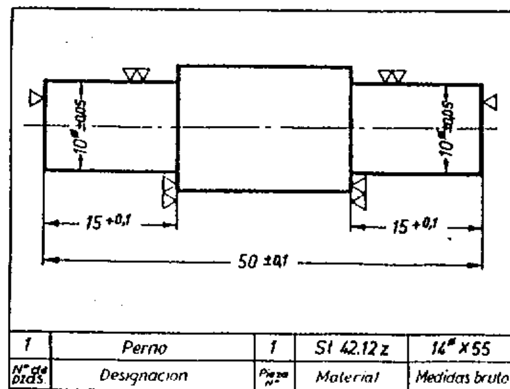


Fig. 46,2. Plano de taller.

En el plano de taller (figura 46,2) todas las cotas están provistas de los correspondientes datos de tolerancia, por ejemplo 10 ⌀ ± 0,05, lo cual significa que la medida máxima es 10,05 mm y la mínima 9,95 mm. La tolerancia se calcula restando de la medida máxima la medida mínima.

Tolerancia = 10,05 − 9,95 = 0,1 mm

Se fijan tolerancias porque en la práctica no resulta posible mantener con toda exactitud una medida nominal que se nos pide, por ejemplo de 10 mm. Una tolerancia pequeña exije tener, al tornear, una profunda atención porque la pieza puede fácilmente resultar demasiado delgada después de torneada. Se procura por esta razón siempre que ello es posible, trabajar con tolerancias grandes. Como regla fundamental podemos decir que no se debe trabajar con toda la precisión posible, sino con toda la precisión necesaria.

En los talleres se emplean con frecuencia para las cotas libres, o sea que no llevan indicación de tolerancia, unos límites de tolerancia admitidos con carácter general para esos casos (T. 46,1).

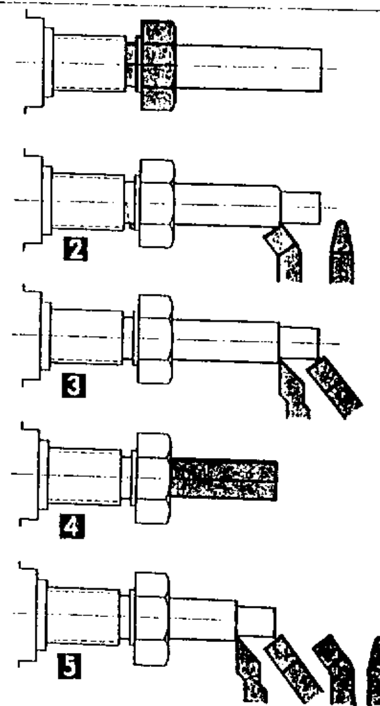
T. 46,1. LÍMITES USUALES DE TOLERANCIA EN MILÍMETROS PARA COTAS LIBRES EN TRABAJOS DE MECANIZACIÓN CON ARRANQUE DE VIRUTA

Medida													
Medida	por encima de		10	30	80	180	360	500	750	1000	1500	2500	4000
	hasta	10	30	80	180	360	500	750	1000	1500	2500	4000	
Tolerancia		±02	±03	±04	±05	±06	±07	±09	±1	±1	±11	±15	±2

* N. del T.: La z viene de la palabra alemana «ziehen» = estirar.

Plan de trabajo.

	Fases del trabajo	Herramientas
1	Sujeción	Boquilla de sujeción
2	Desbastar y afinar la 1.ª espiga	Útil de desbastar y de afinar
3	Terminar de tornear la 1.ª espiga a su longitud y desbarbar	Cuchilla de corte lateral, útil de mano
4	Invertir la sujeción	
5	Desbastar la 2.ª espiga, afinar, terminar de tornear a su longitud y desbarbar	Útil de desbastar, de afinar de corte lateral y de mano.
Instrumentos de medida: calibre de profundidades, pie de rey, micrómetro.		



Mecanizado de pernos.

Sujétese la pieza en bruto con ayuda de la boquilla o pinza de sujeción o aprieto (véase pág. 50). El número de revoluciones, el avance y la profundidad de corte se establecen del modo ya conocido.

Medición y verificación del perno.

La longitud de las espigas se mide con el calibre de profundidades (figura 47,1). Para medir el diámetro es necesario emplear el pálmer o micrómetro (fig. 47,2) porque la tolerancia viene dada por ± 0,05 mm. La calidad superficial se comprueba a la vista y al tacto (véase pág. 41).

> *Observación:*
> **No deben medirse piezas mientras estén girando.**

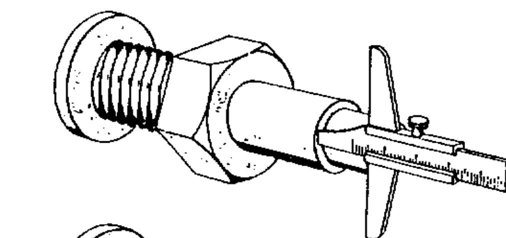


Fig. 47,1. Medición con el calibre de profundidades.

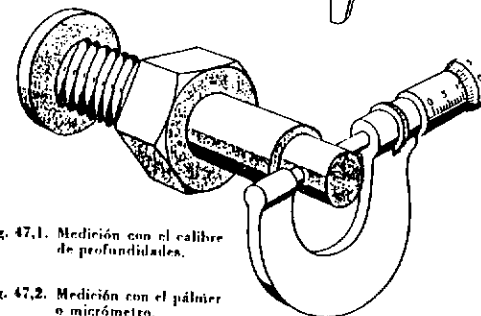


Fig. 47,2. Medición con el pálmer o micrómetro.

Medición y verificación con el pálmer o micrómetro.

La exactitud que se alcanza con el pie de rey y que varía entre 1/10 ó 1/20 no es suficiente en muchas ocasiones y para obtener mediciones más exactas se utiliza el pálmer, llamado también micrómetro, que garantiza una exactitud de 1/100 mm (fig. 48,1).

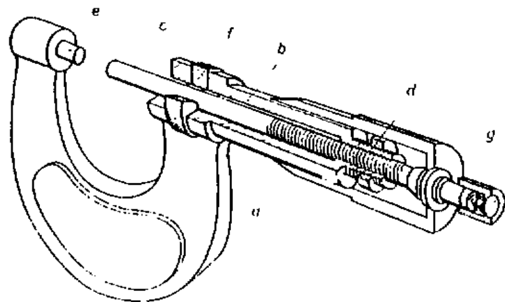


Fig. 48,1. Composición del pálmer: *a*) horquilla; *b*) manguito interior roscado interiormente; *c*) husillo unido al tambor; *d*) anillo roscado para ajuste de la rosca interior; *e*) tope fijo; *f*) freno de anillo; *g*) matraca de tacto.

Composición del pálmer. El manguito interior y la horquilla forman una sola pieza. A la horquilla va unido como plano fijo de medición, el tope fijo. El manguito interior lleva por fuera una escala milimétrica. Por dentro tiene una rosca que sirve de guía para el husillo de medición, que es de material templado. A este husillo va firmemente unido el tambor, que lleva una graduación. Las superficies frontales del tope fijo y del husillo, o planos de medición, están muy cuidadosamente rectificadas. Para fijar el husillo se utiliza el freno de anillo. Con objeto de que los planos de medición no se apliquen a la pieza con presión excesiva, muchos pálmers van provistos de una matraca de tacto o matraca sensitiva.

Hay pálmers de diferentes tamaños: son corrientes los siguientes campos de medida: 0 ... 25 mm, 25 ... 50 mm, 50 ... 75 mm, 75 ... 100 mm. En los pálmers mayores el campo de medidas es de 50 a 100 mm.

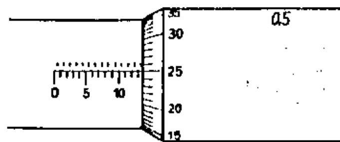


Fig. 48,2. Ejemplo de lectura en un pálmer (paso del husillo: 0,5 mm). Lectura: 13,75 mm.

Modo de hacer una medición (fig. 48,2). La rosca del husillo de medida tiene generalmente un paso de 0,5 mm, es decir, que en *una* vuelta se desplaza el husillo de medida, y el tambor a él unido, en 0,5 mm. La parte achaflanada del tambor va dividida en 50 partes. Cuando el tambor gira en el valor de una división, el husillo se desplaza en 0,5 mm : 50 = 0,01 mm. Con el canto delantero del tambor se leen, sobre la graduación milimétrica del husillo, los milímetros y los medios milímetros. Las centésimas de milímetro se leen sobre la graduación del tambor.

Hay también pálmers cuyo husillo tiene un paso de 1 mm. En este caso, la escala del tambor va dividida en 100 partes.

Comprobación de los pálmers. El desgaste del husillo o de los planos de medida dan como resultado mediciones erróneas. El husillo no debe tener recorrido muerto. Actuando sobre la tuerca de presión se puede eliminar algo un pequeño juego que pueda existir. Los defectos del husillo se ponen de manifiesto comparando diversas posiciones del husillo con calibres normales paralelos (véase pág. 67). Los planos de medida deben estar bien lisos y ser perpendiculares al eje del husillo. Cuando el pálmer está cerrado del todo, el punto cero de la división milimétrica debe coincidir con el de la división del tambor. Para la verificación exacta de la lisura y del paralelismo de los planos de medida se emplean calibres planos de cristal.

Uso del pálmer (figs. 49,1,2). Tanto la pieza a medir como los planos de medida del pálmer deben estar completamente limpios. Para medir una pieza se va haciendo girar el tambor hasta que los planos de medida toquen la pieza.

Reviste una importancia especial para la exactitud de la medida la presión con que se aplican los planos de medida contra la pieza a medir. Un buen pálmer debe estar construido de

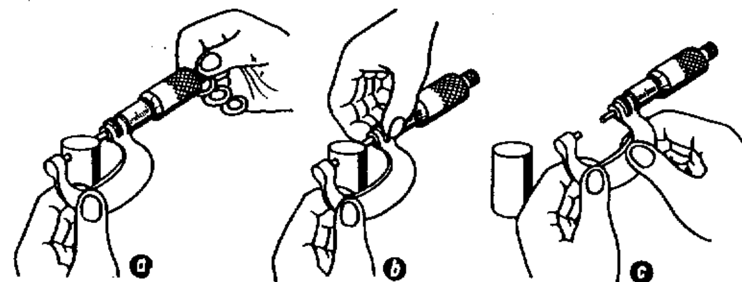


Fig. 49,1. Uso del pálmer. *a*) Manténgase el plano de medida del tope fijo aplicado contra la pieza y ajústese el husillo contra la pieza, por medio de la matraca sensitiva. *b*) Fíjese el husillo accionando sobre el freno de anillo y separe el pálmer de la pieza deslizando sobre ella. *c*) Hágase la lectura con buena luz.

tal forma que una presión de medida de 1 kg nos dé mediciones correctas. Para conseguir esa presión la fuerza ejercida por los dedos al girar el tambor tiene que ser de unos 60 g. Para que la fuerza de los dedos sea uniforme se necesita poseer un sentido del tacto bien fino. Apretando demasiado o demasiado poco se obtienen mediciones incorrectas. Con ayuda de la matraca sensitiva se consigue imprimir la presión conveniente.

La pieza y el instrumento de medida han de tener la misma temperatura.

Ejemplo: Supongamos que un pálmer haya alcanzado como consecuencia de la temperatura de la mano o por radiación (calefacción o sol) una temperatura de 35° y que la pieza a medir, que es de acero, tiene, como consecuencia de la refrigeración con ayuda de agua, la temperatura de 15°. ¿Qué valor tiene el error de medida para una longitud de 100 mm?

Solución: La diferencia de temperaturas vale 35° − 15° = 20°. El coeficiente medio de dilatación para el acero es 1,15 mm para 1 m de longitud y 100° de calentamiento.

$$\text{Error de medición} = \frac{1{,}15\ \text{mm} \cdot 20° \cdot 100\ \text{mm}}{100° \cdot 1000\ \text{mm}} = 0{,}023\ \text{mm}$$

La pieza medida resultaría con una medida más pequeña que la real siendo ése el error de medida.

Con objeto de evitar el error debido a la influencia del calor de la mano, tienen los pálmers, frecuentemente, un recubrimiento aislante.

Cuidados que deben tenerse con los pálmers. Los pálmers son instrumentos de precisión y por este motivo resultan delicados y caros.

1. Pónganse los pálmers sobre el banco de trabajo encima de alguna superficie blanda y ténganse separados de otros instrumentos.
2. No utilice el pálmer sino para aquellas medidas en que sea imprescindible la gran exactitud que proporciona tal instrumento.
3. No hay que realizar nunca esfuerzo alguno para medir sino que debe medirse con tacto.
   ¡El pálmer no es una prensa de husillo!
4. No atornille el husillo de medida dando vueltas a la horquilla.
5. Limpie el pálmer después de utilizarlo y engrase, con una capa muy fina de vaselina, las partes pulidas.

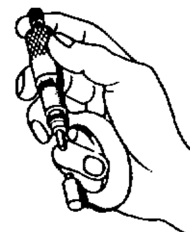


Fig. 49,2. Utilización del pálmer con una sola mano

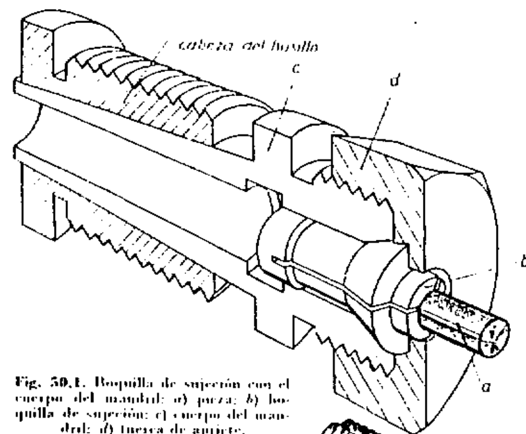


Fig. 50,1. Boquilla de sujeción con el cuerpo del mandril: *a*) pieza; *b*) boquilla de sujeción; *c*) cuerpo del mandril; *d*) tuerca de apriete.

Sujeción de piezas cilíndricas cortas con la boquilla de sujeción.

Las piezas cilíndricas de pequeño diámetro pueden sujetarse en el torno rápidamente y de modo bien fijo con la boquilla de sujeción.

Una boquilla de sujeción provista de tres ranuras se introduce con una tuerca en el hueco cónico del cuerpo del mandril. Con esto se comprime, se aprieta, la boquilla y la pieza queda fuertemente sujeta por ella (fig. 50,1).

Para cada diámetro de pieza se necesita una boquilla de sujeción con un taladro conveniente. En otra disposición de sujeción de distinto tipo (fig. 50,2) se utiliza un tubo de sujeción provisto de volante o rueda de mano.

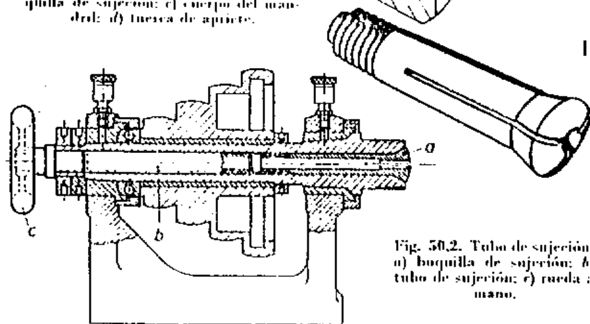


Fig. 50,2. Tubo de sujeción: *a*) boquilla de sujeción; *b*) tubo de sujeción; *c*) rueda a mano.

Para sujetar grandes piezas de revolución pueden utilizarse platos de sujeción con escalonamiento exterior o interior (figuras 50,3,4).

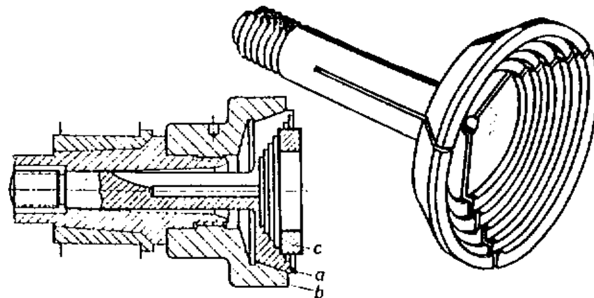


Fig. 50,3. Sujeción con el mandril o plato escalonado interiormente: *a*) plato escalonado interiormente; *b*) plato de base; *c*) pieza.

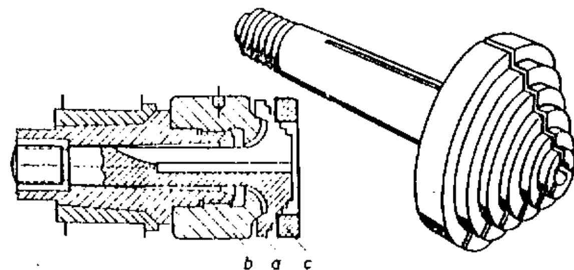


Fig. 50,4. Sujeción en el plato escalonado exteriormente: *a*) plato escalonado exteriormente; *b*) plato de base; *c*) pieza.

MECANIZADO DE ÁRBOLES

Los árboles se emplean para transmitir movimientos de rotación y esfuerzos de torsión. Estos esfuerzos tienden a retorcer el árbol (fig. 51,1). En este efecto no solamente entra en juego la magnitud del esfuerzo de torsión sino que también tiene gran importancia la distancia del punto de aplicación de la fuerza al eje del árbol, es decir, el brazo de palanca con que actúa la fuerza. El producto de la fuerza y de la distancia del punto de aplicación al eje del árbol se designa con el nombre de momento de torsión.

Ejemplo I: $P = 500$ kg; $r_1 = 10$ cm;
Momento de torsión (M_t) = 500 kg·10 cm = 5000 kg/cm
Ejemplo II: $P = 500$ kg; $r_2 = 20$ cm;
Momento de torsión (M_t) = 500 kg·20 cm = 10 000 kg/cm

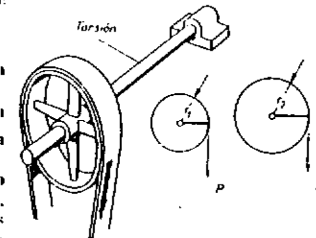


Fig. 51,1. Esfuerzo de torsión que actúa sobre un árbol.

Cuanto mayor es el momento de torsión, tanto mayor la fatiga a la torsión que ha de aguantar el árbol.

Sobre el árbol pueden actuar, además, fuerzas tales como el tiro de correas de transmisión o el peso de grandes poleas, etcétera, que pueden flexarlo. Con objeto de que los árboles sean capaces de resistir las fatigas de torsión y de flexión a que puedan estar sometidos, se fabrican de materiales apropiados como, por ejemplo, los aceros St 42.11, St 50.11, St 60.11 o aceros aleados. La magnitud del diámetro del árbol se determina por cálculo.

En la construcción de máquinas se distingue por lo general entre ejes y árboles. Se entiende por eje un cuerpo de revolución que soporta solamente piezas de máquina como por ejemplo palancas y ruedas (fig. 51,2). Un árbol soporta al menos dos elementos de máquina, por ejemplo, ruedas dentadas, poleas de transmisión, acoplamientos, y transmite además un momento de torsión. En construcción de locomotoras no se hace esta distinción.*

Los árboles pueden adoptar diversas formas (fig. 51,3). La designación «árbol liso» no se refiere a la naturaleza de su superficie exterior sino que se quiere significar con ella que el árbol tiene el mismo diámetro a lo largo de toda su longitud. En el «árbol escalonado» el diámetro varía con variación escalonada. La fabricación de un árbol escalonado resulta más cara que la de uno liso y resulta por consiguiente más ventajoso el empleo de árboles lisos. En las normas no se prevén nada más que árboles de determinados diámetros.

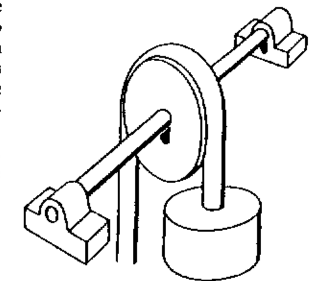


Fig. 51,2. Ejemplo de eje.

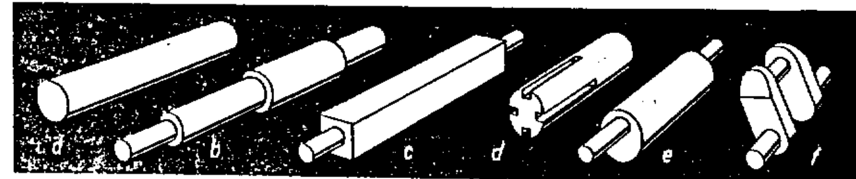


Fig. 51,3. Ejemplos de diversas formas de árboles. *a*) árbol liso; *b*) árbol escalonado; *c*) árbol de sección cuadrada; *d*) árbol ranurado; *e*) árbol excéntrico; *f*) árbol cigueñal.

Casi siempre se fabrican los árboles mediante torneado. Los árboles largos y lisos, como por ejemplo los de transmisión, se fabrican frecuentemente por estirado. Los árboles estirados son, debido a lo reducido de sus gastos de fabricación, más baratos que los torneados.

* *N. del T.:* En la obra *Manual Práctico de Dibujo Técnico*, de W. SCHNEIDER, traducida del alemán (Technisches Zeichnen fur die Praxis) y editada por Editorial Reverté, S. A., se establece la siguiente distinción (pág. 260): «Los árboles son, contrariamente a los ejes, que siempre están fijos, soportes giratorios de órganos de las máquinas motrices. Sirven para transmitir movimiento giratorio en su dirección axil.

Ejemplo de trabajo.

Trabajo encargado. Fabricación de un árbol para una sierra circular (fig. 52,1).

Las designaciones j6 y h6 indicadas junto a los diámetros 26 y 32 son designaciones abreviadas para indicación de ajustes. Esto significa que hay que mantener unas cotas máxima y mínima normalizadas. * Las espigas de ø 24 j6 deben ir en cojinetes de rodillos. Se terminan con rectificación cilíndrica.

La designación «centrado» dispuesta sobre las caras frontales significa que los centrados deben mantenerse. El árbol se sujeta para su torneado entre las puntas del torno.

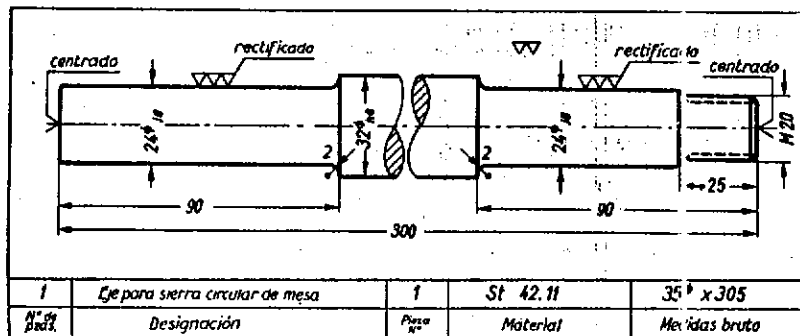
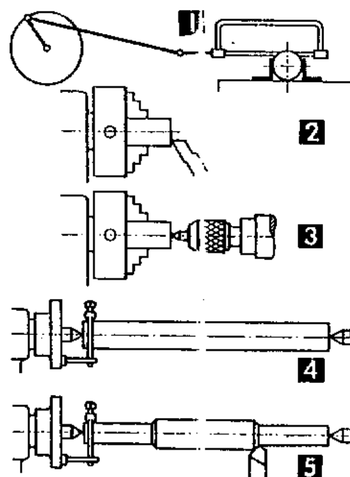


Fig. 52,1. Plano de taller.

Plan de trabajo.

	Fases de trabajo	Herramientas
1	Arranque de la barra en bruto	Sierra
2	Refrentado de las caras frontales.	Útil de corte lateral
3	Centrado	Broca de centrar.
4	Sujeción entre puntas	Torno de puntas, perno de torno.
5	Torneado del árbol (véase figura 53,1)	Útiles de desbastar, de afinar, de corte lateral y de redondear.
Instrumentos de medida: Metro de acero, compás curvo, pie de rey, pálmer, calibres de tolerancia para árboles, calibre de redondeamientos.		



Preparación del árbol para ser torneado.

La pieza en bruto se corta de la pieza unos 5 mm más larga que la medida nominal. Los taladros de centrado deben practicarse en el centro de las caras frontales, las cuales deben ser planas y perpendiculares al eje de la pieza, por lo cual se refrentan éstas antes de proceder al centrado.

* *N. del T.:* La normalización a que corresponden esas designaciones corresponde al *Sistema de ajustes ISA* debido a la International Federation of the National Standardizing Associations (Federación Internacional de las Asociaciones Nacionales de Normalización).

Torneado del árbol.

El árbol se mecaniza mediante desbastado y afinado (fig. 53,1).

1. Desbastar *a*, *b*, *c* (1).
2. Inversión de la sujeción (2).
3. Desbastar *d*.
4. Afinar *d*, *c*.
5. Torneado del redondeamiento o acuerdo *f* (véase en pág. 69. torneado de piezas perfiladas).
6. Inversión de la sujeción (3).
7. Afinar *a*, *b*.
8. Torneado del redondeamiento *f*, torneado de las espigas a su longitud debida.

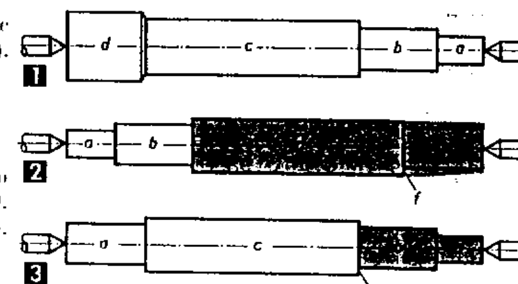


Fig. 53,1. Torneado del árbol.

Como las espigas de ø 24 j6 han de rectificarse, hay que mantener los diámetros más gruesos en la demasía necesaria para el rectificado, o sea, que en este caso se dejarán a 24,3 mm. Véase para tallado de engranajes la página 194.

Medición y verificación del árbol.

Los diámetros sin indicación de ajuste y las longitudes se miden del modo ya conocido utilizando los instrumentos apropiados. Frecuentemente hay que comprobar durante el trabajo si el torno gira y tornea concéntricamente. Para esto se presta el compás de exteriores (fig. 53,2). Para comprobar la medida 32 ø h6 se emplea el calibre de tolerancia o calibre de herradura (fig. 53,3).

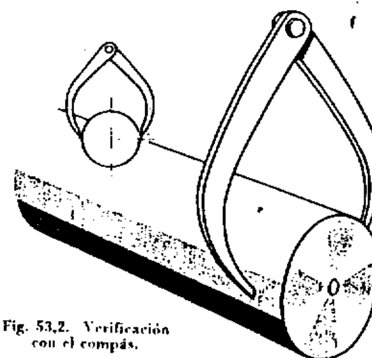


Fig. 53,2. Verificación con el compás.

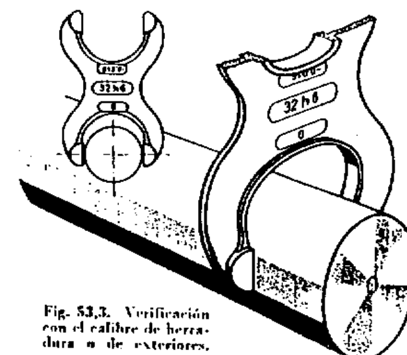


Fig. 53,3. Verificación con el calibre de herradura o de exteriores.

Al fabricar un árbol pueden producirse diversos defectos en cuanto a forma de la sección y a su condición de cilindro (fig. 53,4). Esas formas pueden comprobarse también por medio del amplificador de esfera (véase pág. 62).

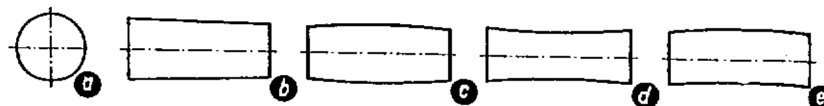


Fig. 53,4. Árboles defectuosos. Sección transversal defectuosa: *a*) Sección no circular. Forma cilíndrica defectuosa: *b*) conicidad; *c*) abombamiento; *d*) forma cóncava; *e*) forma curvada.

Torneado entre puntas.

Para poder sujetar una pieza entre las puntas del torno han de estar provistas las caras frontales de los correspondientes puntos de centrado. No queda garantizado un buen funcionamiento concéntrico sino cuando los puntos de centrado están situados en el centro de las caras frontales.

El centrado consiste en: *a*) la determinación del centro de las caras frontales, por ejemplo mediante trazado, y *b*) el taladrado de los puntos de centrado.

Trazado para el centrado. Para hacer visibles las líneas del trazado se pintan las zonas a que afecta el trazado con blanco de España o con tiza.

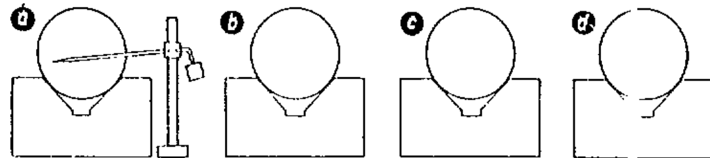


Fig. 54,1. Trazado del centro de piezas redondas con el gramil: *a*) colóquese la punta de trazar aproximadamente a la altura del centro y márquense dos líneas cortas; *b*) gírese 180° la pieza en el prisma, o «uve» de trazar, y márquense, lo mismo que antes, otras dos pequeñas rectas; *c*) colóquese la punta en el eje de las dos paralelas determinadas por ambos pares de pequeños trazos y trácese la línea; *d*) gírese 90° la pieza y procédase igual para la segunda línea.

Trazado con el gramil (fig. 54,1). La pieza en bruto se dispone sobre el prisma o «uve» de trazador. El centro es el punto de intersección de las dos líneas trazadas como se indica en la citada figura.

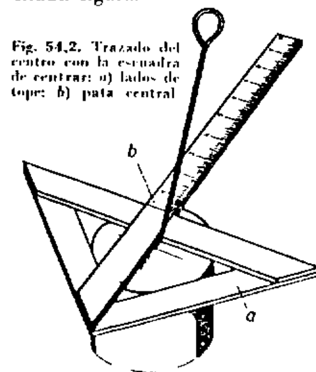


Fig. 54,2. Trazado del centro con la escuadra de centrar: *a*) lados de tope; *b*) pata central

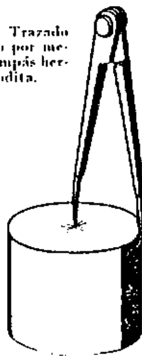


Fig. 54,3. Trazado del centro por medio del compás hermafrodita.

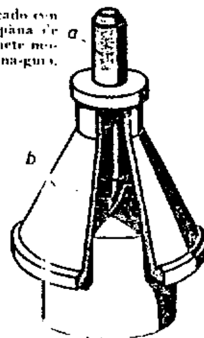


Fig. 54,4. Marcado con granete y campana de centrar: *a*) granete móvil; *b*) campana-guía.

Trazado con la escuadra de centrar (fig. 54,2). La pata central divide el ángulo formado por los dos lados de tope, y con ello también al círculo en que se apoyan esos lados, en dos partes iguales. Una línea trazada a lo largo de la arista correspondiente de la pata central pasará siempre por el centro del círculo. El punto de intersección de dos líneas análogas, normales entre sí * nos determina el centro buscado.

Trazado por medio del compás hermafrodita ** (fig. 54,3). Se halla el centro como centro del cuadrilátero curvilíneo determinado por cuatro pequeños arcos de círculo trazados desde el borde de la pieza o mejor desde el perímetro de la cara frontal correspondiente.

El centro así hallado se marca con un granete.

Marcado del centro con granete y campana-guía (fig. 54,4). El trazado correspondiente resulta inútil. El centro se marca dando un martillazo sobre el granete guiado por medio de la campana-guía. La campana-guía no debe mantenerse inclinada. El procedimiento se presta para diámetros hasta de 40 mm.

* *N. del T.:* Como fácilmente comprenderá el lector, esa perpendicularidad entre ambas líneas no necesita ser sino aproximada y esto no por motivos teóricos sino únicamente por la razón práctica de quedar un punto más claramente determinado por intersección de dos líneas sensiblemente normales que por dos líneas muy oblicuas.

** *N. del T.:* Llaman algunos así a un tipo de compás mixto que tiene una pata de compás normal y una pata de compás de puntas y cuyo objeto es comprobar, centrar y trazar distancias desde el borde de la pieza; otros autores lo llaman sencillamente «compás mixto».

Ejecución de puntos de centrado.

Después de haber sido marcado con granete el centro de las caras frontales hay que proceder a taladrar los puntos de centrado. Un punto de centrado consta del taladro de centrado y del avellanamiento correspondiente. Las cotas de los puntos de centrado están normalizadas (tabla 55,1). En piezas dotadas de caras frontales no planas y en todas las herramientas se provee a los puntos de centrado de cajeras protectoras. Una cajera protectora tiene, ante todo, que preservar de deterioro al punto de centrado. Para practicar el taladro de centrado se emplea

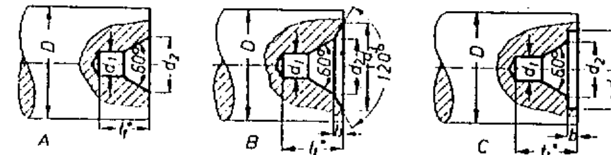


Fig. 55,1. Puntos de centrado según DIN 332. Forma *A*, punto de centrado sin cajera protectora; forma *B*, punto de centrado con cajera de protección, cónica. Forma *C*, punto de centrado con cajera de protección, cilíndrica.

T. 55,1. Puntos de centrado para ángulos de avellanado de 60° DIN 332 (extracto)

Diámetros D	d_1	d_2	d_3	t_1 Forma A	t_1 Formas B, C	a	b
Más de 6 hasta 10	1	2.5	4	2.5	3	4	0.4
Más de 10 hasta 25	2	5	8	5	6	7	0.8
Más de 25 hasta 63	3	8	12	7	8	10	1
Más de 63 hasta 100	5	12	17	11	13	16	1.5

Designación de un punto de centrado con d_1 = 3 mm, forma *A*, 60°: punto de centrado A 3 DIN 332.

El ángulo de avellanado igual a 60° se emplea para piezas hasta de 100 kg de peso y en el caso de esfuerzos de corte pequeños y medios. Cuando D es mayor de 100 mm y el peso superior a los 100 kg, el ángulo de avellanado es de 90°.

a = medida del tronzado cuando el punto de centrado no ha de subsistir.

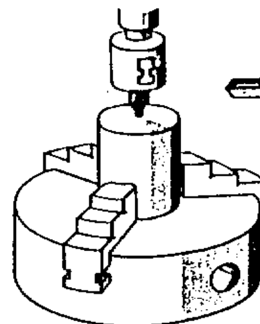


Fig. 55,2. Taladrado del punto de centrado en la taladradora.

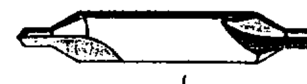


Fig. 55,3. Broca de centrar, normalizada. Designación de una broca de centrar forma *A*, de diámetro d_1 = 3 mm, ángulo de avellanamiento 60° con corte a la derecha y de acero de herramientas (WS): broca de centrar 3/60 derecha DIN 333 WS.

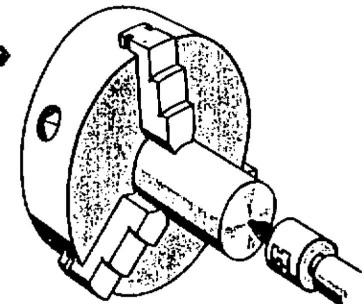


Fig. 55,4. Taladrado del punto de centrado en el torno.

una broca helicoidal y para hacer el avellanamiento, una fresa de avellanar. En la mayor parte de los casos están reunidos ambos útiles constituyendo lo que se llama una broca de centrar o broca combinada (fig. 55,3). El punto de centrado se realiza así con *una* sola operación (figuras 55, 2 y 3). Cuando la pieza se sujeta en el torno por medio del plato o mandril de sujeción, no es necesario trazar el centro ni marcarlo con granete. Para el centrado se emplean con frecuencia, máquinas de centrar.

Al realizar el taladro por el punto de centrado pueden producirse defectos (fig. 55,5).

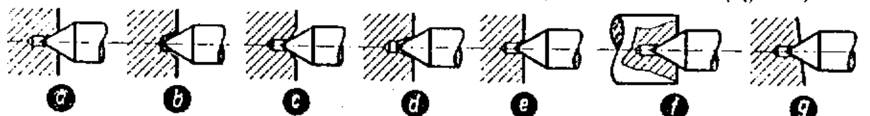


Fig. 55,5. Defectos en la operación de realizar el centrado: *a*) centrado correcto; *b*) parte cilíndrica demasiado corta; *c*) ángulo de centrado demasiado grande; *d*) ángulo de centrado demasiado pequeño; *e*) superficie de apoyo demasiado pequeña; *f*) superficie de apoyo demasiado grande; *g*) la superficie de apoyo es irregular (a causa de la oblicuidad de la cara frontal).

Sujeción entre puntas.

Las puntas tienen dimensiones normalizadas y tienen que ajustar con su vástago cónico en los alojamientos cónicos del husillo principal de la pínula del cabezal móvil (figs. 56,1 ... 3).

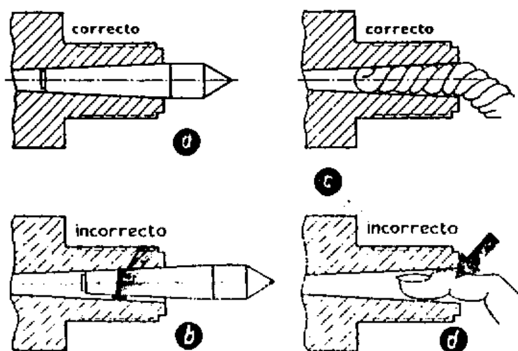


Fig. 56,1. Inserción del punto giratorio: a), b) Antes de la inserción límpiense el cono exterior y el interior. Las suciedades pueden hacer que la punta no esté en el eje. c), d) No debe limpiarse con el dedo el cono interior. ¡Hay con ello peligro de accidente! La limpieza debe hacerse a máquina parada y con un trapo de limpieza.

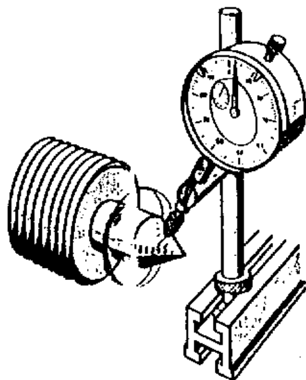


Fig. 56,2. Comprobación de la rotación centrada del punto móvil por medio de un amplificador de esfera.

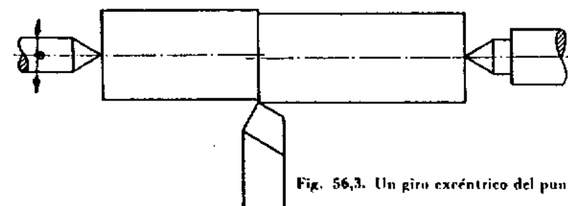


Fig. 56,3. Un giro excéntrico del punto móvil da lugar a resaltos en las piezas.

Cuando se tornean piezas cilíndricas, la punta del cabezal móvil debe estar en línea con la punta rotativa (figs. 56,4 ... 6).

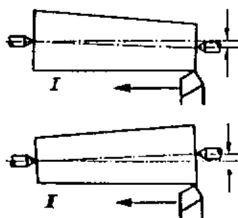


Fig. 56,4. La pieza que se tornea resulta cónica cuando la contrapunta (punta del cabezal móvil) está desplazada con respecto al husillo principal. Según sea el sentido de ese desplazamiento así resultará el diámetro de la pieza más delgado por la parte anterior o por la posterior.

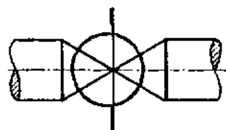


Fig. 56,5. La posición de las puntas se comprueba (comprobación basta) corriendo la punta del cabezal móvil hasta la del husillo principal y presionando contra un papel interpuesto entre ellas. Estarán bien alineadas cuando ambas puntas coincidan haciendo un solo agujero en el papel.

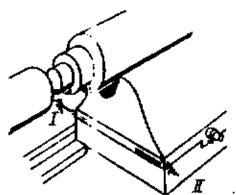


Fig. 56,6. La punta del cabezal móvil se ajusta mediante desplazamiento transversal de este cabezal móvil cosa que se realiza con ayuda de un tornillo de ajuste. Si el perno trabajado resulta por delante demasiado delgado se corre el cabezal móvil en la dirección I, y si es al revés, en la dirección II.

Platos de arrastre. *

El movimiento de rotación del husillo principal se transmite a la pieza por medio de platos de arrastre y de topes o perros de arrastre (figs. 57,1,2). Antes de proceder a sujetar la pieza hay que llenar el punto de centrado correspondiente al cabezal móvil con algún lubricante (semejante a la grasa empleada en los engrasadores Stauffer o también aceite con grafito). Empleando una contrapunta que gire, se evita el roce entre la pieza y la punta.

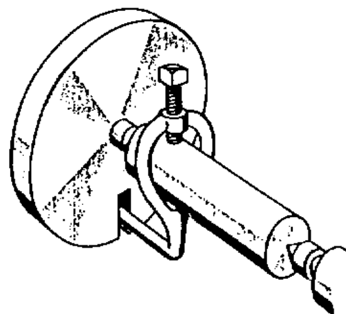


Fig. 57,1. Plato sencillo de arrastre (no seguro contra accidentes).

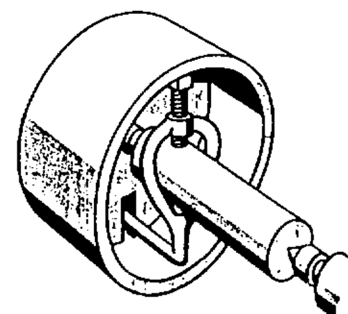


Fig. 57,2. Plato de arrastre seguro contra accidentes.

Normas de trabajo para tornear entre puntas.

1. Rectificar las puntas de vez en cuando a 60° o, para piezas pesadas, a 90°.
2. Cuando aparecen vibraciones durante el trabajo de torno la superficie de la pieza no resulta limpia y además sufren la máquina y la herramienta. Para evitar las vibraciones, la pínula no debe sobresalir mucho; el carro y la pínula deben estar ajustados de tal modo que resulte fácil moverlos. A menudo se evitan las vibraciones variando la velocidad de corte, el avance y la profundidad de corte.
3. Al dar la primera pasada, comprobar mediante frecuentes mediciones si el torno funciona concéntricamente.
4. La pieza se calienta mientras se la tornea y como consecuencia, se dilata. Con objeto de que no se curve o de que no se ejerza una presión excesiva sobre la punta del cabezal móvil, se la afloja de vez en cuando actuando sobre la pínula.
5. Para disminuir el desgaste de la contrapunta debe ser frecuentemente engrasado el punto de centrado.
6. Cuando haya que refrentar entre puntas superficies frontales, empléese media contrapunta (fig. 57,3).

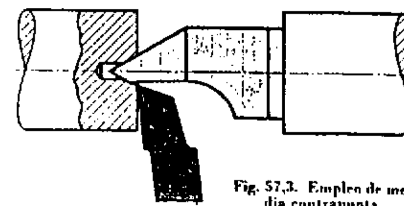


Fig. 57,3. Empleo de media contrapunta.

* *N. del T.:* Estos dispositivos se llaman también arrastraderas de torno o también perros de torno o alicates de arrastre.

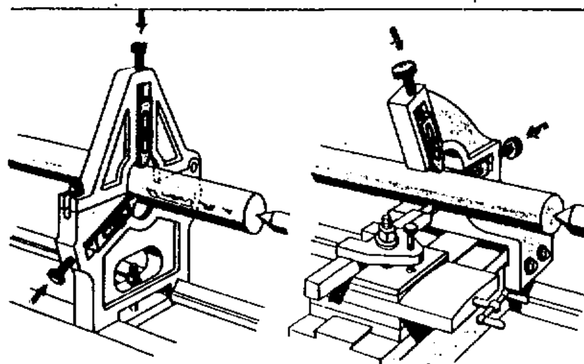


Fig. 58,1. Luneta fija. Fig. 58,2. Luneta móvil.

Luneta y mandril para tornear.

Empleo de la luneta. Las piezas largas y delgadas pueden flexarse mientras son torneadas, con lo cual el diámetro resulta impreciso. Aparte de esto, pueden producirse en la superficie de la pieza marcas debidas a las vibraciones. La luneta tiene por objeto impedir que la pieza se flexe. La luneta tiene mordazas desplazables, entre las cuales gira la pieza que se trabaja. Existen lunetas fijas y lunetas correderas o móviles. La luneta fija (fig. 58,1) está sujeta a la bancada del torno, mientras que la móvil va fijada sobre el carro portaherramientas.

Sujeción en el mandril para tornear. Para poder mecanizar exteriormente piezas huecas de gran longitud y poco diámetro, se sujetan sobre espigas o mandriles sencillos o ajustables (figs. 58,3,4).

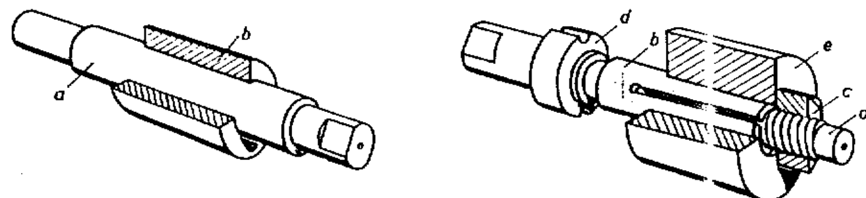
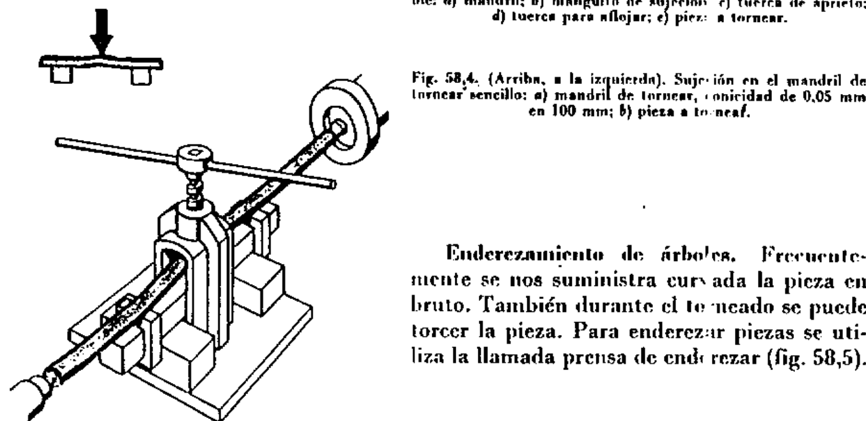


Fig. 58,3. (Arriba, a la derecha). Sujeción en el mandril ajustable: *a*) mandril; *b*) manguito de sujeción; *c*) tuerca de aprieto; *d*) tuerca para aflojar; *e*) pieza a tornear.

Fig. 58,4. (Arriba, a la izquierda). Sujeción en el mandril de tornear sencillo: *a*) mandril de tornear, conicidad de 0,05 mm en 100 mm; *b*) pieza a tornear.



Enderezamiento de árboles. Frecuentemente se nos suministra curvada la pieza en bruto. También durante el torneado se puede torcer la pieza. Para enderezar piezas se utiliza la llamada prensa de enderezar (fig. 58,5).

Fig. 58,5. Prensa de enderezar.

Verificación con calibre de herradura o de exteriores.

La medición con el pie de rey o con el pálmer resulta engorrosa porque la medida ha de ser ajustada cada vez. Con instrumentos de comprobación fijos se ahorra uno el ajuste a cada medida; entre los dos planos de medición no se puede comprobar sino una sola medida.

Calibres de herradura. Una pieza, por ejemplo un árbol, no es utilizable sino cuando su medida real está comprendida entre la cota mínima y la máxima. Para comprobar estas medidas límites se emplean los calibres de herradura (fig. 59,1). Estos calibres tienen dos sitios distintos en que comprobar las medidas y corresponden respectivamente a la medida máxima y a la mínima. La pieza es «buena» cuando la parte destinada a comprobar la cota máxima puede pasar resbalando sobre la pieza; esta pieza es «desperdicio» (o sea inaprovechable) cuando la parte del calibre destinada a la cota mínima pasa sobre la pieza. Se designan ambos lados del calibre como lado de «pasa» o lado «bueno» y lado de «no pasa» o lado «malo».

El control de medidas de las piezas por medio de los calibres de herradura no constituye en realidad una medición sino una comprobación o verificación, porque únicamente se determina así si la medida real está comprendida entre las medidas límites sin dar con ello medida exacta alguna.

Designación de los calibres de herradura. La medida de ajuste grabada sobre el calibre tiene que coincidir con la que figura en el plano (por ejemplo, 10 h 6). Las diferencias se indican sobre los calibres en μ ($1\ \mu = 0{,}001$ mm). El lado malo o lado de «no pasa» se caracteriza por ir pintado en rojo y por llevar achaflanadas las garras de medida.

Para diámetros hasta los 100 mm se emplean calibres de doble herradura. Las medidas mayores se comprueban con dos calibres (figura 59,2). Existen también calibres en que los lados de «pasa» y de «no pasa» se hallan dispuestos uno tras otro en la misma herradura.

Manejo de los calibres de herradura. Para emplearlos hay que limpiar previamente los planos de medida en el calibre y en la pieza. El calibre y la pieza a medir han de estar a la misma temperatura (fig. 59,3). No debe emplearse la fuerza para hacer comprobaciones.

> *Observación:* **¡No compruebe piezas que estén en movimiento!**

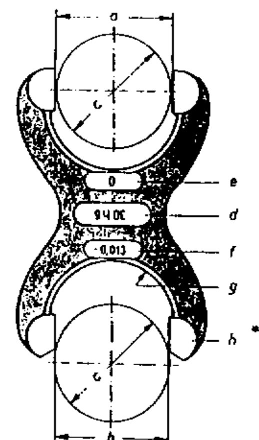


Fig. 59,1. Designaciones en calibres de herradura: *a*) medida máxima *Dg* lado bueno (lado de «pasa»); *b*) medida mínima *Dk* lado malo (lado de «no pasa»); *c*) medida real del árbol, menor que *Dg* y mayor que *Dk*; *d*) medida de ajuste; *e*) diferencia superior; *f*) diferencia inferior; *g*) capa de pintura roja; *h*) mordazas o garras de medida, achaflanadas (*g* y *h* caracterizan al lado de no pasa o lado malo.

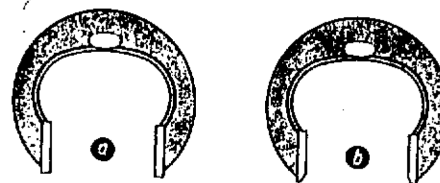


Fig. 59,2. Calibre de una sola herradura para árboles de diámetro 100 ... 400 mm: *a*) lado de «pasa»; *b*) lado de «no pasa».

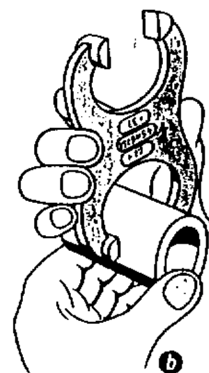


Fig. 59,3. Comprobación mediante el calibre de herradura.

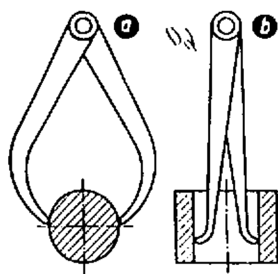


Fig. 60,1. Compás: a) compás para exteriores; b) compás para interiores.

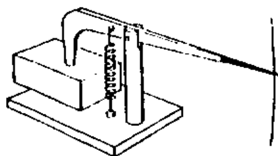


Fig. 60,2. Forma fundamental de un calibre de precisión con amplificación por medio de palancas.

Mediciones y comprobaciones por medio de compases y de calibres de precisión.

Compás. Por medio del compás se transportan medidas de la pieza a un instrumento de medida (regla metálica graduada, pie de rey) y viceversa. Se utiliza también para comprobar

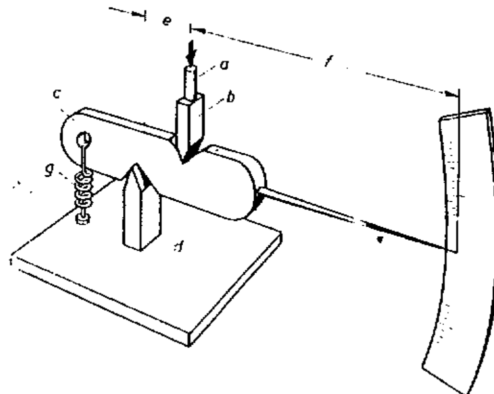


Fig. 60,3. Forma fundamental de un calibre de precisión: a) espiga de exploración; b) cuchilla movible; c) palanca; d) cuchilla fija; e) brazo de palanca menor; f) brazo de palanca mayor; g) resorte.

la igualdad de varias piezas en cuanto a forma y dimensiones. Existen compases para exteriores y para interiores (fig. 60,1).

Uso del compás. El compás se abre con ambas manos a una abertura un poco superior a la medida real y adaptando suavemente las patas se aplica sobre la pieza o el instrumento de medidas. Al medir se coloca una punta del compás sobre la pieza y se explora con la otra la zona de medida. Pueden apreciarse así diferencias de 0,01.

Los calibres de precisión sirven para mediciones comparadas o sea para medir la diferencia entre una pieza y una muestra exacta o medida de comparación. En el calibre de precisión se indica el recorrido de la espiga de exploración o de contacto grandemente aumentado en virtud de una fuerte multiplicación, por ejemplo mediante palancas o ruedas dentadas (figuras 60,2.3). Hay diversos tipos de esta clase de aparatos de medida. En el taller los más corrientes son los minímetros y los amplificadores de esfera.

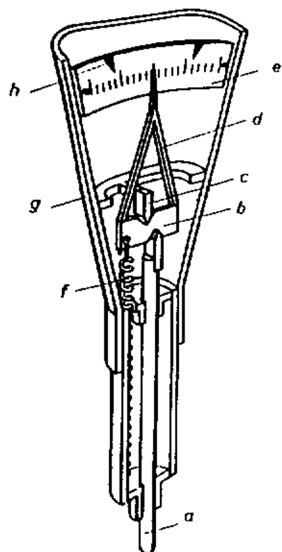


Fig. 60,4. Minímetro: a) espiga de exploración o contacto; b) palanca; c) cuchilla fija; d) índice; e) escala; f) resorte; g) cubierta; h) marcas de tolerancias.

Minímetro (fig. 60,4). Al moverse la espiga de exploración o contacto, oscila la palanca sobre la cuchilla fija y con ello se mueve el índice a lo largo de la escala. El resorte mantiene las distintas piezas en la posición de reposo. Para la medida de «bueno» y «malo» hay en la escala dos marcas de tolerancias. El campo de medidas es limitado (0,2 ... 0,4 mm). La precisión de las medidas es de 0,01 a 0,001 mm.

Uso del minímetro. Para su uso se dispone el minímetro en soportes de distintos tipos como son, por ejemplo, el de columna y el de caballete (figs. 61,1 ... 5).

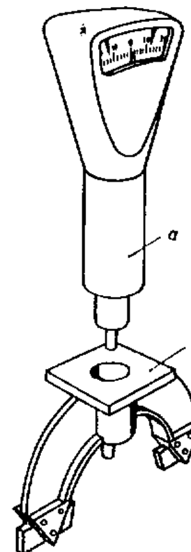


Fig. 61,3. Calibre de caballete: a) minímetro; b) caballete.

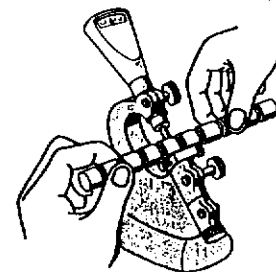


Fig. 61,1. Ajuste del minímetro mediante varilla patrón, varilla calibre, o varilla maestra.

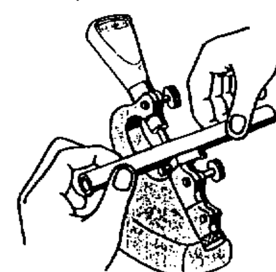


Fig. 61,2. Verificación de una pieza con el minímetro.

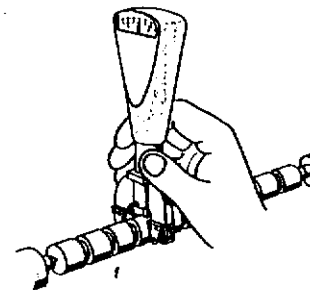


Fig. 61,4. Ajuste del calibre de caballete mediante varilla patrón.

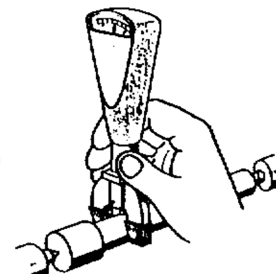


Fig. 61,5. Verificación de una pieza con el calibre de caballete.

Manejo de los calibres de precisión.

a) Como su mismo nombre lo indica estos calibres son instrumentos de precisión que han de ser, por lo tanto, manejados con sumo cuidado. Ante todo han de evitarse los golpes, pues su delicado mecanismo puede estropearse con ellos.

b) Antes de manejar un calibre de precisión que nos sea desconocido tendremos que informarnos sobre su modo de funcionar y determinaremos, sobre todo, si la diferencia a medir no sobrepasa el alcance de medida del aparato.

c) La exactitud del aparato debe guardar proporción con el objeto de la medición. Los calibres de precisión que permitan apreciar milésimas de milímetro no deben ser empleados sino cuando ello resulte indefectiblemente necesario.

d) Los calibres de precisión deben estar bien fijados a sus soportes correspondientes.

e) Antes de ajustar a cero el calibre de precisión habrá que limpiar cuidadosamente las superficies de apoyo y la pieza patrón.

f) La espiga de exploración, o espiga de contacto, debe quedar siempre normal a la superficie que se trate de explorar, pues de lo contrario se obtendrían en la medición valores incorrectos. Cuando se quiere comprobar si un movimiento de giro es concéntrico, el eje de la espiga de medición deberá pasar por el centro del cuerpo que gira.

g) Cuando se trate de obtener mediciones bien exactas hay que tener en cuenta la influencia de la temperatura. La pieza patrón y la pieza a verificar tienen que tener la misma temperatura.

Amplificador de esfera.

En este calibre de precisión (figs. 62,1,2) una multiplicación de engranajes aumenta y traslada al índice el movimiento de la espiga exploradora. La escala se extiende a todo el perímetro del disco indicador y está dividida en 100 partes. Una vuelta completa del índice corresponde a un recorrido de 1 mm en la espiga exploradora, o sea que cada división de la escala representa

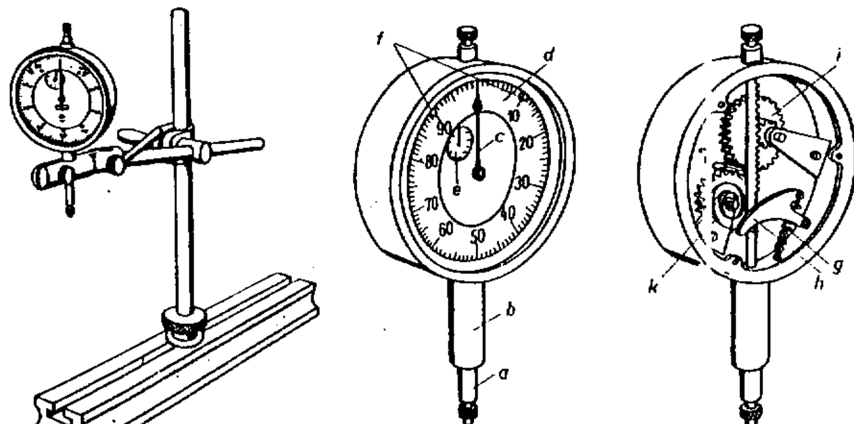


Fig. 62,1. Amplificador de esfera provisto de soporte universal.

Fig. 62,2. Amplificador de esfera: a) espiga de exploración o contacto; b) perno de sujeción; c) índice; d) limbo; e) escala para indicación de los milímetros enteros; f) marcas de tolerancia; g) resorte; h) palanca; i) ruedas dentadas; k) resorte espiral para impedir el juego de los dientes.

1/100 mm. El campo de medidas que suele ser de 10 mm es notablemente mayor que en el minímetro. El limbo es giratorio y puede disponerse siempre el cero en coincidencia con el índice.

El amplificador de esfera se coloca, para su uso, en soportes adecuados, por ejemplo, en el soporte universal, o en uno de columna con una especie de pequeño mármol o mesa.

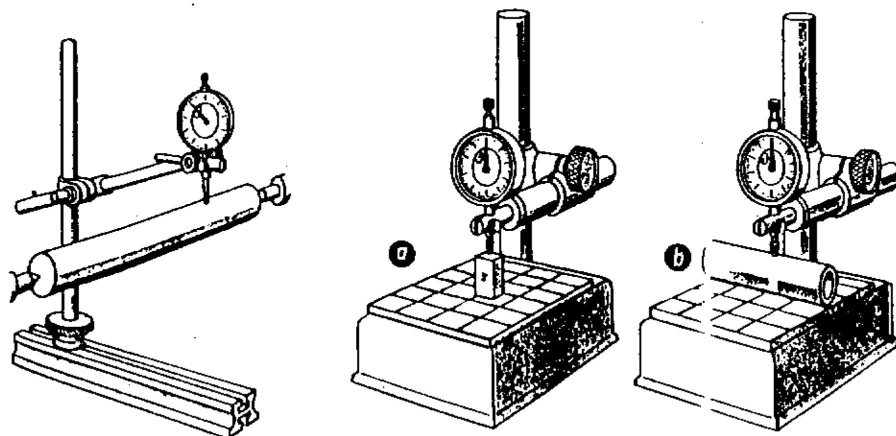


Fig. 62,3. Verificación del giro concéntrico de un árbol.

Fig. 62,4. Verificación de medidas con el amplificador de esfera: a) ajuste de calibre por medio de un calibre normal; b) verificación de la pieza.

Calibres de precisión ópticos y eléctricos.

Para mediciones exactas se usan calibres de precisión ópticos y eléctricos. En ellos no se transporta la medida de un modo mecánico (con auxilio de palancas o de engranajes) sino por medio de rayos luminosos o de contactos eléctricos.

Los calibres de precisión ópticos hacen posible realizar con la mayor exactitud (1μ) mediciones comparadas. Sirven principalmente para comprobación de calibres normales o calibres fijos y de herramientas exactas.

Se utiliza en estos aparatos un rayo de luz a modo de ingrávida palanca. Al girar un espejo el ángulo α (figs. 63,1,3) es retrasado el rayo incidente en el valor del ángulo 2α. Es decir, que el movimiento del espejo se traduce en un movimiento doble y con otro aumento se traduciría el movimiento original en uno cuádruple. La derivación del rayo de luz puede ser observada y leída fuertemente amplificada por medio de lentes (lupa, microscopio, anteojo).

La influencia de la temperatura se hace muy notada en los calibres de precisión ópticos, hasta el punto de que únicamente se hacen posibles las lecturas en locales que tengan una temperatura normal de 20°.

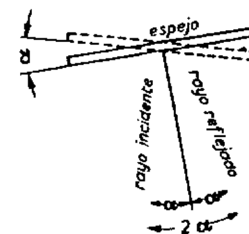


Fig. 63,1. Desviación experimentada por un rayo de luz al girar un espejo sobre el cual se refleja.

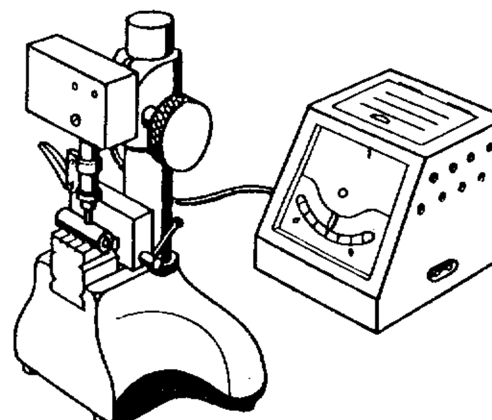


Fig. 63,2. Calibre «Eltas».

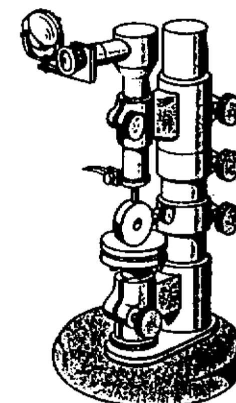


Fig. 63,3. Optímetro.

Los calibres de precisión eléctricos trabajan con la misma exactitud que los ópticos. Se emplean a veces para comprobación de piezas fabricadas en serie. No existen en estos aparatos apoyos o zonas de contacto cuyos desgastes puedan dar lugar a medidas incorrectas. Por este motivo soportan también los calibres de precisión eléctricos un trato más tosco, razón que los hace muy adecuados para mediciones en el taller. Un aparato muy conocido es, por ejemplo, el calibre «Eltas» (fig. 63,2).

El movimiento de la espiga de exploración da lugar a pequeñas variaciones de corriente en las bobinas de los electroimanes del cabezal del aparato siendo indicadas estas corrientes por medio de un miliamperímetro. La escala correspondiente a éste está graduada en milésimas de milímetro.

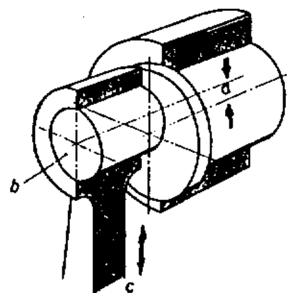


Fig. 64,1. Árbol excéntrico: a) excentricidad; b) espigas descentradas; c) movimiento de vaivén.

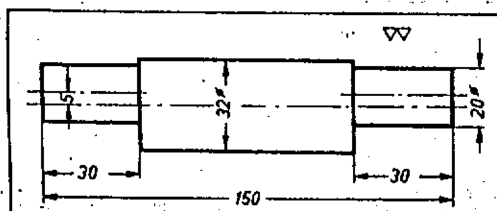
MECANIZADO DE ÁRBOLES EXCÉNTRICOS

En un árbol excéntrico están desplazados los ejes para algunos diámetros o secciones. La medida del descentramiento se llama también excentricidad.

Los árboles excéntricos se emplean cuando quiere producirse un movimiento lineal de ida y vuelta como, por ejemplo, en árboles de embrague (embrague de la contramarcha en un torno con cambio de velocidades por poleas escalonadas), para fines de fijación o sujeción, en prensas, etc (fig. 64,1).

Ejemplo de trabajo.

Trabajo encargado. Mecanización de un árbol excéntrico (fig. 64,2) según plano.



1	Eje excéntrico	1	St 42.11	35 ø x 155
N.° de piezas	Designación	Pieza N.°	Material	Medidas bruto

Modo de fabricar un árbol excéntrico. Se sujeta la pieza en el plato de centrar y se tornea en cuanto a longitud. Después de taladrar en ambas caras frontales los puntos de centrado correspondientes, se desbasta la pieza dejándola al radio mayor, aproximadamente a unos 33 ø. A continuación se trazan los puntos de centrado para las espigas descentradas y se taladran éstas (fig. 64,3).

Fig. 64,2. Plano de taller.

Plan de trabajo.

	Fases del trabajo	Herramientas
1	Dejar la pieza a su longitud y refrentar las caras frontales	Útil de corte lateral
2	Establecer los puntos de centrado para ø 32	Broca de centrar de ø 3 mm
3	Desbastar entre puntas a ø 33	Útil de desbastar
4	Trazar y taladrar los puntos de centrado para las espigas descentradas	Gramil, compás, broca de centrar
5	Terminar mecanización entre puntas de ø 32.	Útil de afinar
6	Desbastar y afinar las espigas ø 20.	Útiles de desbastar, de afinar y de corte lateral.

El torneado previo al diámetro mayor, antes de establecer los puntos de centrado excéntricos, es necesario para facilitar el trazado.

El árbol se termina de mecanizar a ø 32. Después de esto se desbastan y afinan, una después de otra, las dos espigas.

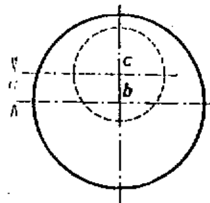


Fig. 64,3. Puntos de centrado en el árbol excéntrico: a) cota del descentramiento; b) punto de centrado principal; c) punto de centrado para las espigas desplazadas excéntricamente respecto al punto de centrado principal.

Torneado excéntrico.

Trazado de la excentricidad (fig. 65,1). Con el compás de puntas se traza en ambas bases o caras frontales la circunferencia de excentricidad. El radio de estas circunferencias es igual a la excentricidad. La circunferencia puede también ser trazada con el gramil de trazador entre puntas del torno. La pieza se coloca sobre la uve y con la punta de trazar del gramil situada exactamente a la altura del centro, se traza sobre cada una de las caras una línea. Los puntos de intersección de las líneas con las circunferencias de excentricidad son las posiciones que buscamos de los puntos de centrado. Hay que observar que ambas líneas horizontales deben estar situadas en un mismo plano.

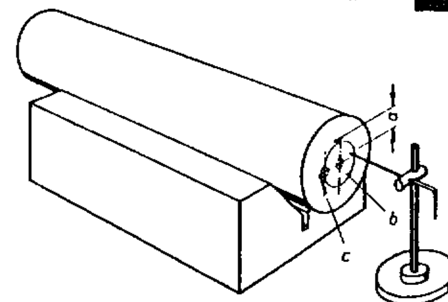


Fig. 65,1. Trazado de los descentramientos: a) descentramiento; b) circunferencia de descentramiento; c) punto de intersección.

Procedimiento para tornear con descentramiento. Cuando la excentricidad es suficientemente grande pueden establecerse ambos taladros de los puntos de centrado necesarios (fig. 65,3). Se tornea primeramente el diámetro mayor y después las partes excéntricas.

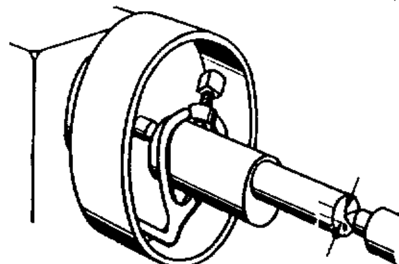


Fig. 65,2. Torneado con descentramiento.

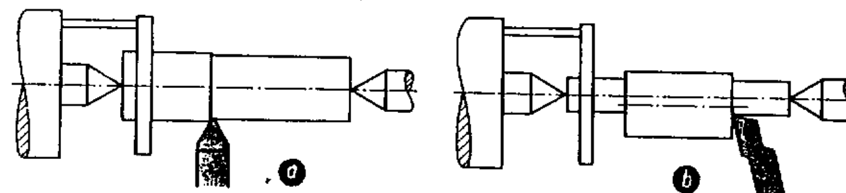


Fig. 65,3. Mecanizado de un árbol excéntrico con gran excentricidad. a) Torneado al diámetro mayor; b) torneado de las espigas descentradas.

Cuando se trata de descentramientos pequeños se termina primeramente el torneado de la pieza al diámetro mayor. Después de esto, se eliminan, mediante refrentado, los puntos de centrado empleados y se realizan sobre ambas caras frontales los puntos de centrado excéntricos (fig. 65,4). La pieza en bruto debe tener una longitud suficiente para ello.

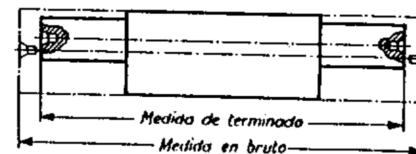


Fig. 65,4. Mecanización de un árbol excéntrico con pequeña excentricidad.

Para sujetar la pieza en el torneado excéntrico pueden usarse platos de sujeción excéntricos.

Los cigüeñales y ejes de manivela tienen frecuentemente excentricidades muy grandes y se tornean en tornos especiales para ello.

Verificación de la excentricidad.

La excentricidad puede comprobarse por medio de calibres no·males de caras paralelas (fig. 66,1).

Se coloca la pieza con la uve sobre el mármol o plano de trazar. El eje tiene que estar vertical y para disponerlo así se utiliza la escuadra con espaldón. Primeramente s· halla la altura *M* introduciendo calibres por debajo de la sección de diámetro mayor. Esa magn·tud tiene relación con la altura del p·isma o uve y en el caso que nos ocu·a será de 20 mm. Si por ejemplo la ex·centricidad ha de ser de 5 mm, habrá· de poderse meter por debajo de las c··igas o brazos del árbol, calibres de l· siguiente altura y sin dejar juego al·uno (véase plano de taller de la págin·a 64):

$$E = 5 + 16 + 20 - 10 = 31 \text{ mm}$$

Este procedimiento de verificación es adecuado para grandes descentramientos. Hay que emplearlo también cuando no se con·erven los puntos de centrado.

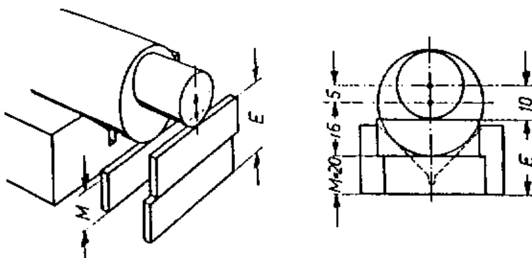


Fig. 66,1. Verificación de la excentricidad por medio de calibres normales de caras paralelas.

Cuando la excentricidad es pequeña y se conservan los puntos de centrado puede emplearse para la verificación que nos ocupa, el calibre amplificador de esfera (figura 66,2).

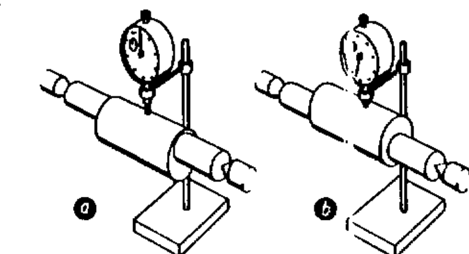


Fig. 66,2. Verificación de la excentricidad con el amplificador de esfera. a) Búsquese el punto más bajo y ajústese ·l limbo a cero; b) gírese la pieza hasta obtener la máxima desviación de la aguja: la excentricidad será igual a la mitad de la desviación máxima que indique el aparato.

Calibres normales de caras paralelas.

Los calibres normales de caras paralelas son cuerpos que sirven para medir y están hechos de acero templado (fig. 66,3,4). Para hacer mediciones y verificaciones pueden componerse estos calibres y superponerse hasta longitudes variables.

La distancia de los planos de medición y su lisura y paralelismo son muy exactos hasta el punto de que la yuxtaposición de cinco piezas da la medida deseada con un error menor de 1/1000 mm. Estos calibres están normalizados, y hay 6 grados de calidad.

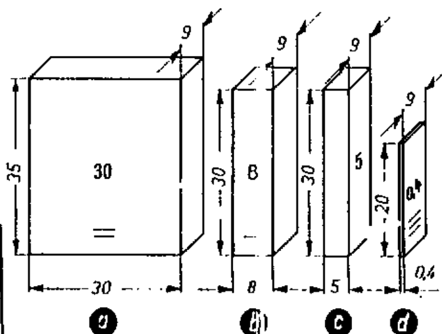


Fig. 66,3. Cotas y designación de los calibres normales de caras paralelas. a) Sec·ión transversal de los calibres normales paralelos d· más de 10 mm; b) y c) sección de los calibres paral·los entre 0,5 y 10 mm; d) sección de los calibres por debajo de los 0,5 mm. Los calibres normales inferior·s a los 6 mm llevan la inscripción en los pla·os de medida.

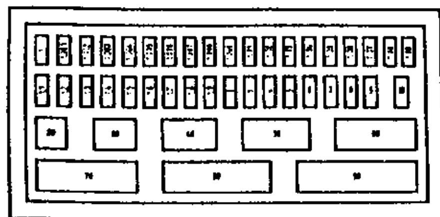


Fig. 66,4. Juego normal con 45 calibres.

Acoplamiento de calibres normales de caras paralelas.

Los calibres normales pueden unirse unos a otros haciendo que se adhieran uno a otro los planos de medidas limpios y secos de dos calibres *sin ejercer presión alguna* sobre ellos o puede también hacerse que se adhieran mediante *una ligera presión*.

Cuanto mejor es la calidad superficial de los planos de medida, tanto más fácil resulta la adherencia por el sistema de simple contacto, es decir, sin ejercer presión. Los calibres de los talleres no llevan los planos de medidas bruñidos y por esta razón no pueden, por lo general, acoplarse sino mediante ligera presión.

Los calibres acoplados entre sí no deben permanecer unidos durante un largo espacio de tiempo, pues se corre el peligro de que se suelden en frío.

Al unir unos a otros los distintos calibres se empieza por la unidad más pequeña.

Ejemplo: Se trata de componer la longitud 38,014 mm.

Solución:	1.	calibre	1,004 mm
	2.	»	1,010 mm
	3.	»	6,000 mm
	4.	»	30,000 mm
Longitud:		calibre =	38,014 mm

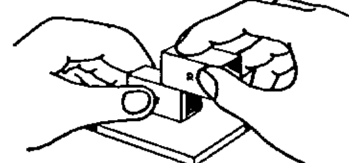


Fig. 67,1. Acoplamiento de calibres ejerciendo sobre ellos una ligera presión.

Empleo de los calibres normales paralelos. Dado su grado de exactitud, estos calibres normales se emplean para distintos trabajos de verificación.

Como *calibres patrón* y *calibres de comparación* para controlar otros instrumentos de medida se utilizan principalmente calibres de los grados de exactitud 0, I y II (fig. 67,3). Como *medidas de trabajo*, es decir, para hacer el papel de calibres de tolerancias, se emplean combinaciones de calibres normales de grados de exactitud II, III y IV (figura 67,4). Como *medidas universales* para verificación directa y medición de piezas, así como para operar con precisión en trabajos de trazado, se utilizan calibres normales de los grados de exactitud III y IV (fig. 67,5). Cuando se emplean para *ajustar la posición de una herramienta* o *la distancia a un tope* se utilizan calibres de grado de exactitud IV (fig. 67,6).

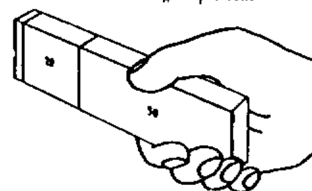


Fig. 67,2. Los calibres se mantienen adheridos entre sí.

Cuidados. Los calibres normales son elementos valiosos de medida y han de ser manejados con todo cuidado.

Para protegerlos contra el sudor y el calor de las manos se manejan en lo posible con pinzas de madera o con un trozo de gamuza. Hay que protegerlos también contra choques, el polvo producido al afilar y la humedad. Después de ser utilizados deben ser engrasados los calibres con una delgada capa de vaselina.

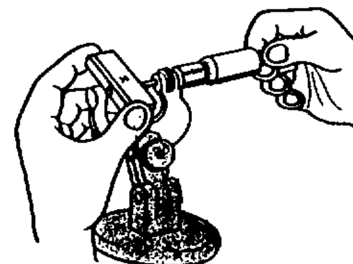


Fig. 67,3. Comprobación de un pálmer por medio de calibres normales de caras paralelas.

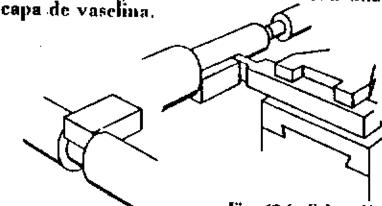


Fig. 67,5. Comprobación de una ranura por medio de calibres normales paralelos.

Fig. 67,6. Colocación de una herramienta de torno por medio de calibres normales paralelos.

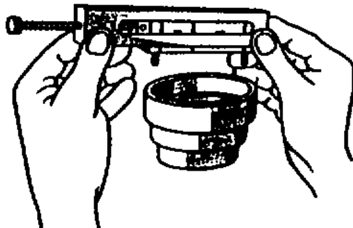


Fig. 67,4. Calibres paralelos puestos en un soporte con patas para medir.

TORNEADO DE PIEZAS DE FORMA

Mecanización de un mango.

Las piezas torneadas se proveen frecuentemente de redondeamientos o acuerdos y también de acanaladuras redondeadas con objeto de hacerlas útiles para determinados fines (fig. 68,1). A los mangos, empuñaduras y pomos se les dota, por ejemplo, de redondeamientos con objeto de que se puedan agarrar y manejar con más comodidad; en una polea para cable se tornea una ranura que sirve de guía para el cable; los brazos o espigas de los árboles se redondean en la unión con éstos (media caña) (fig. 68,2) con objeto de mejorar su resistencia, etc., etc.

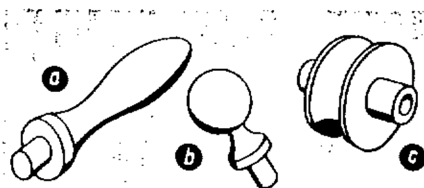


Fig. 68,1. Ejemplos de piezas de forma. a) Mango; b) pomo; c) polea para cable.

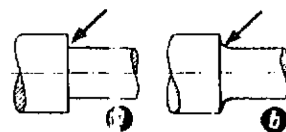


Fig. 68,2. Redondeamientos en piezas rebajadas o con espiga. a) Peligro de rotura por acción de entallado; b) disminución del peligro de rotura mediante un redondeamiento.

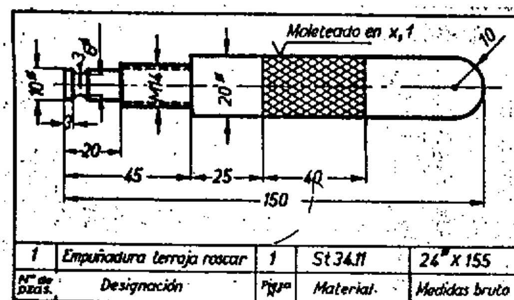


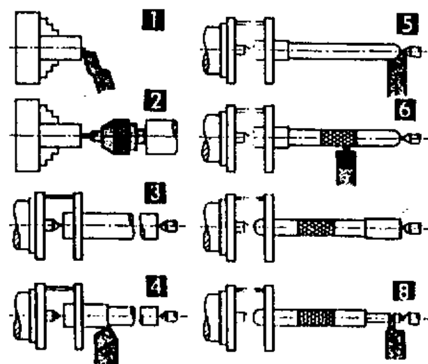
Fig. 68,3. Plano de taller.

Ejemplo de trabajo.

Trabajo encargado. Mecanizar un mango o empuñadura (fig. 68,2) de acuerdo con el dibujo. El redondeamiento del extremo y la entalladura de media caña en la espiga se realizan mediante útiles de forma o de perfilar. Con objeto de poder regular la terraja con la empuñadura, se ha previsto una rosca. La superficie moleteada sirve para hacer que la mano no resbale al accionar la empuñadura para regular la terraja.

Plan de trabajo.

	Fases del trabajo	Herramienta
1	Tornear la pieza en bruto a su longitud y refrentar caras frontales	Útil de corte lateral
2	Ejecutar puntos de centrado	Broca de centrar
3,4	Sujetar la pieza; tornear a ⌀ 20	Útil de desbastar y de afinar
5	Tornear redondeamiento	Útil de forma
6	Moletear superficie de la empuñadura	Aparato de moletear
7,8	Dar la vuelta a la pieza; tornear espiga y acanaladura	Útiles de desbastar, de afinar y de forma
9	Respecto a tallar la rosca, véase pág. 189.	
Instrumentos de medida y de verificación: Regla metálica; pie de rey, calibre de forma		



Torneado de piezas perfiladas.

Mediante esta operación se consiguen redondeamientos y otros perfiles en las piezas torneadas (figs. 69,1 ... 4). Se utilizan para ello, principalmente, herramientas de forma o de perfilar, que han de coincidir con el perfil de la pieza a mecanizar.

Los útiles de forma no tienen ángulo de ataque. Con objeto de que conserven su forma no se afilan nada más que por la superficie de ataque.

Para el torneado de piezas perfiladas, cuando se trata de fabricación en gran escala, se emplean útiles de forma redondos que permiten ser afilados con mucha frecuencia sin perder su forma.

El torneado de piezas de forma por desplazamiento de la herramienta normalmente al eje principal al mismo tiempo que se desplaza longitudinalmente, exige mucha habilidad (fig. 69,4). Los redondeamientos pequeños pueden conseguirse al torno por medio del útil de mano.

En la fabricación en serie se utiliza para mayores perfiles una guía aplantillada a lo largo de la cual se va moviendo el carrillo portaútil. El procedimiento es análogo al del torneado de conos con ayuda de la guía rectilínea (véase pág. 111).

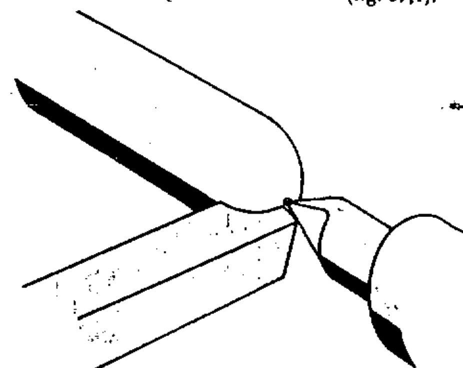


Fig. 69,1. Torneado de piezas perfiladas empleando un útil de forma.

Normas de trabajo para el torneado de piezas perfiladas.

1. Elegir un útil de forma que se adapte al redondeamiento deseado.
2. Colocar el útil de forma, exactamente, a la altura del eje, pues de lo contrario se obtiene en la pieza una forma distorsionada.

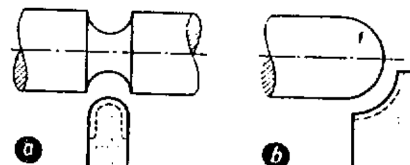


Fig. 69,2. Útiles de forma. a) Útil para redondeamientos cóncavos; b) útil para redondeamientos convexos.

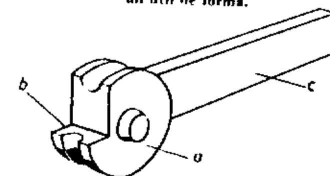


Fig. 69,3. Útil de forma redonda con portaútil.

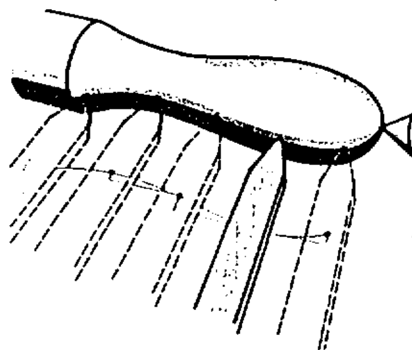


Fig. 69,4. Torneado de pieza perfilada por desplazamiento del útil simultáneamente en sentido longitudinal y en sentido normal al eje principal.

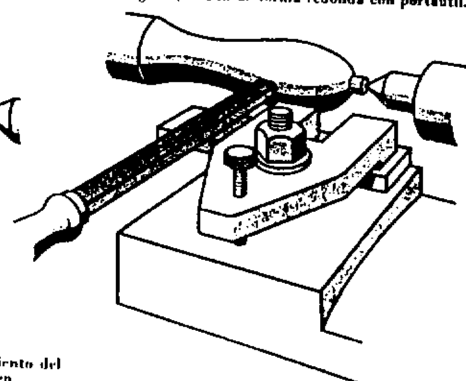


Fig. 69,5. Afilado por medio del útil de mano.

Moleteados paralelo y cruzado.

Con objeto de obtener superficies en que no deslice la mano cuando hay que agarrarlas, se las dota de moleteados paralelo, en cruz o en X (fig. 70,1).

Para obtener el moleteado se emplean ruedecillas dentadas de acero (fig. 70,2) dispuestas en una especie de mango o portaútil que se sujeta en el carro portaherramientas, apretándose contra la pieza que se mecaniza. Con esto se introducen los dientes de la ruedecilla en la superficie exterior de la pieza. En virtud de la impresión de los dientes, aumenta el diámetro de la pieza.

El dentado de las ruedecillas para moleteados paralelo o cruzado está normalizado por la hoja DIN 82. Se elige según el diámetro, la anchura y el material de la pieza [1]. La designación moleteado en X 1 significa un moleteado en X con 1 mm de separación entre rayas.

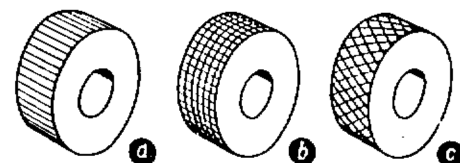


Fig. 70,1. Piezas moleteadas. a) Moleteado paralelo; b) moleteado en cruz; c) moleteado en X.

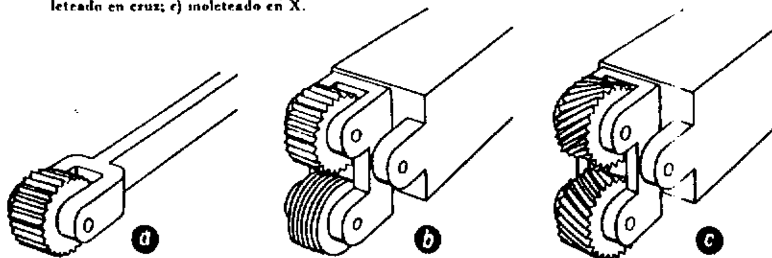


Fig. 70,2. Herramientas para moletear. a) Rueda para moleteado paralelo, con portaútil; b) Pareja de ruedas montadas para moleteado en cruz, con portaútil; c) Pareja de ruedas para moleteado en X, con portaútil.

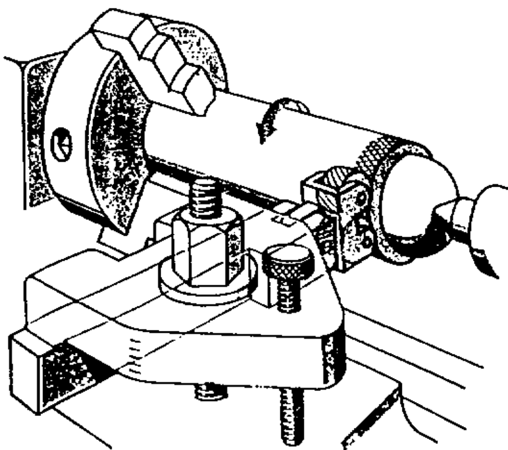


Fig. 70,3. Proceso del trabajo al moletear en X.

Normas de trabajo para moletear.

1. Las ruedas para moletear hay que escogerlas teniendo en cuenta el dibujo que se desea obtener y la separación entre rayas.
2. La velocidad periférica de la pieza tiene que ser de magnitud igual a la de la velocidad de corte para desbastar.
3. Para empezar a moletear en X se aprieta la herramienta contra la pieza hasta obtener la profundidad del moleteado. Póngase después en marcha el avance (0,5 × separación entre rayas) y recórrase la pieza bajo presión uniforme.
4. Las estrías de las ruedecillas tienen que limpiarse frecuentemente con cepillo de alambre para eliminar restos de material.

[1] Jütz-Scharkus: Stoff-Zahl-Form. Tabellen für das Metallgewerbe (Material-Número-Forma. Tablas para la industria metalúrgica). Georg Westermann Verlag, Braunschweig.

Verificación por medio de calibres para perfiles.

Los redondeamientos constituidos por porciones de circunferencia, se verifican por medio de calibres de redondeamientos (calibres de radios) (figs. 71,1,2). Para verificar otra clase de perfiles se utilizan calibres o plantillas de plancha de acero (figs. 71,3,4). Para la verificación se mantiene el calibre contra la pieza, notándose las diferencias por la rendija de luz que quede visible.

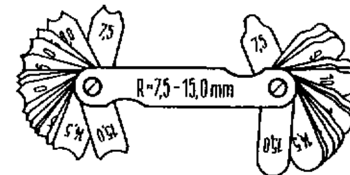


Fig. 71,1. Calibre de redondeamientos.



Fig. 71,2. Verificación de redondeamientos convexos y cóncavos. a) Redondeamiento ajustado al calibre; b) redondeamiento demasiado pequeño; c) redondeamiento demasiado grande.

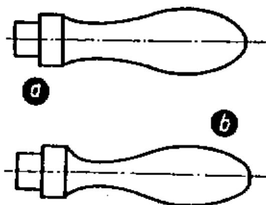


Fig. 71,3. Verificación con el calibre de perfiles. a) El mango ajusta con el calibre de perfiles. b) El mango no ajusta con el calibre.

Plantilla
Nr. Ba 320

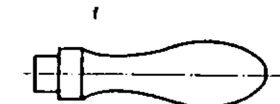


Fig. 71,4. Los calibres de perfiles llevan una designación o marca.

Cuando se trate de perfiles que han de ser muy exactos, se prepara para el calibre del perfil un contraperfil con el cual se puede comprobar aquél por sí, a fuerza de emplearse, hubiera sufrido desgaste.



Fig. 71,5. Calibre de perfiles con un contraperfil o negativo del perfil.

T. 71. Radios para redondeamientos. (Extracto de DIN 250)

Los radios de la serie preferente deben tener la primacía en el uso. Los radios corresponden a los números normales de DIN 323.

Serie preferente	0,2			0,4		0,6		1		1,6			2,5		4
Serie secundaria	0,2	0,3		0,4	0,5	0,6	0,8	1	1,2	1,6	2		2,5	2	4
Serie preferente		6			10		16		20		25		32		40
Serie secundaria	5	6		8	10	12	16	18	20	22	25	28	32	36	40
Serie preferente		50		63		80		100		125			160		200
Serie secundaria	45	50	56	63	70	80	90	100	110	125	140		160	180	200

MECANIZADO DE CAJAS Y DE PIEZAS FUNDIDAS

Las cajas se utilizan principalmente para alojar engranajes, soportes, árboles, etcétera. La forma de las cajas es a veces complicada y por este motivo se fabrican casi siempre mediante fundición. Las piezas obtenidas por fundición, que es corriente llamar también piezas fundidas, pueden ser de fundición gris, de acero moldeado y también de metales distintos del hierro. Las piezas fundidas, sobre todo las de fundición gris, son frágiles; las piezas de paredes delgadas para ser mecanizadas (taladradas, torneadas, etc.), exigen ser muy cuidadosamente sujetas en la máquina-herramienta, para evitar que se quiebren.

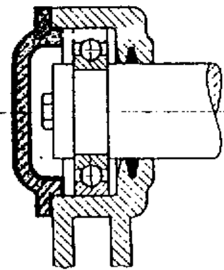


Fig. 72,1. Soporte de rodamiento con caja.

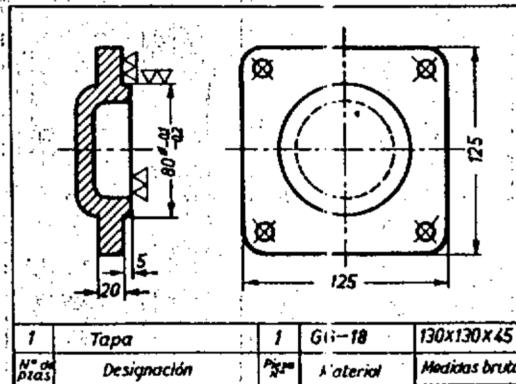


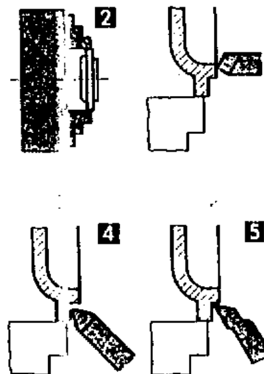
Fig. 72,2. Plano de taller.

Ejemplo de trabajo.

Trabajo encargado: Mecanizar al torno una tapa (fig. 72,2) para la caja de un soporte de rodamiento.

Plan de trabajo.

	Fases del trabajo	Herramientas
1	Trazado	Gramil de trazador
2	Sujeción de la pieza	Plato de torno
3	Desbastado	Útil de desbastar
4	Afinado	Útil de afinar
5	Cilindrado	Útil de corte lateral
Instrumentos de medida y verificación: pie de rey, calibre de profundidades, regla.		



Mecanización de la tapa.

Verificación de las medidas de la pieza en bruto. La pieza se suministra fundida y hay que comprobarla, por esto, minuciosamente en cuanto a medidas en bruto y defectos en el material.

Trazado. Mediante el trazado de dos ejes (fig. 73,1) se establecen unas referencias de partida para el mecanizado.

Para que las líneas se vean bien se pintan en color las zonas en que han de hacerse líneas de trazado. Para las piezas en bruto de fundición se prestan bien la creta en polvo disuelta en agua o también la lechada de cal (barro de carburo cálcico procedente del generador de acetileno).

Para proceder al trazado se sujeta la pieza en un ángulo. Las líneas de trazado se marcan en la superficie de la pieza previamente preparada. Para esto se emplea la punta de trazar colocada en el gramil del trazador. No se obtiene un buen trazado nada más que empleando buenas puntas de trazar.

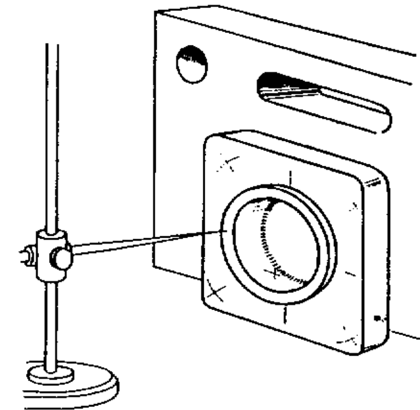


Fig. 73,1. Trazado de los ejes.

Sujeción y mecanizado. La tapa se sujeta y centra en el plato de torno (fig. 73,2).

1. Con objeto de que el saliente que hay que tornear quede bien centrado respecto al cuadrado que quede en bruto, hay que valerse de los ejes trazados.
2. Las superficies planas refrentadas deben quedar paralelas a las que quedan en bruto. Éstas no deben estar desplomadas, sino que habrán de mantener la misma distancia al plato en todos los puntos.

Para tornear se emplea la velocidad de corte adecuada para la fundición de hierro. La cascarilla de fundición es muy dura. En la primera pasada al torno hay que utilizar una profundidad de corte suficiente. Cuando el útil trabaja sobre la cascarilla de fundición se embota prematuramente.

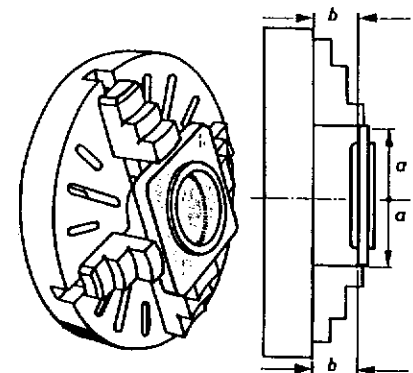


Fig. 73,2. Sujeción de la tapa en el plato del torno. a) La sujeción ha de hacerse atendiendo al centrado; b) equidistancia al plato.

Medición y verificación de la tapa mecanizada. El diámetro del saliente se mide con el pie de rey y su longitud con el calibre de profundidades. Para verificar si las superficies de la tapa son lisas y planas puede emplearse una regla (fig. 73,2); la comprobación se hace por el procedimiento de la rendija de luz. Con este objeto se coloca la regla en distintas posiciones.

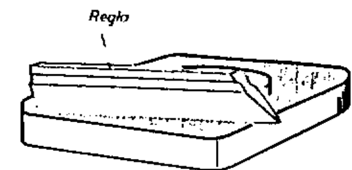


Fig. 73,3. Verificación de si la superficie está plana, con el empleo de una regla.

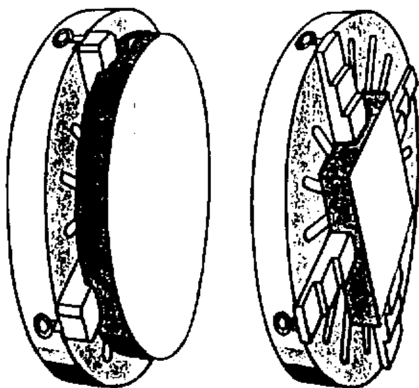
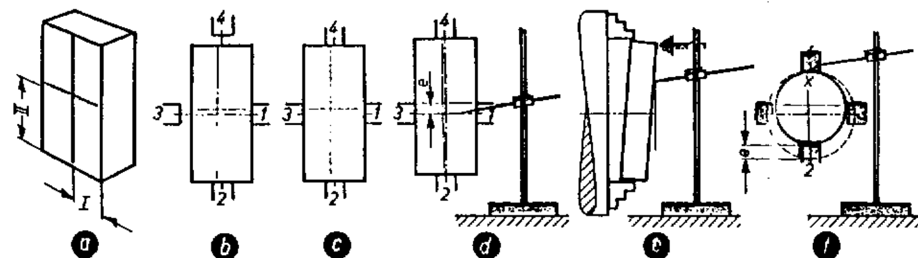


Fig. 74,1. Sujeción en el plato de torno.

Modo de disponer las piezas en el plato del torno.

El plato del torno se utiliza para sujetar piezas irregulares o también piezas de gran tamaño (figs. 74,1,2). Las mordazas de sujeción pueden desplazarse independientemente unas de otras. Invirtiéndolas pueden ser utilizables tanto en el caso de piezas grandes como en el de piezas pequeñas.

Las piezas voluminosas pueden sujetarse también con tornillos y hierros de sujeción. Con este objeto, los platos van provistos de rendijas de sujeción (figura 74,3).



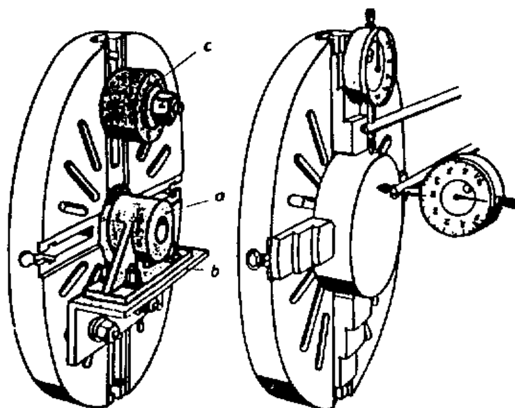


Fig. 74,2. (arriba). Sujeción en el plato y modo de disponer la pieza con ayuda del gramil de trazador. *a)* Pieza a sujetar en el torno provista de líneas de trazado. *b)* Las mordazas se ajustan a las medidas I y II. *c)* La pieza se coloca sobre las mordazas 1 y 2 y se sujeta con las 3 y 4. *d)* La pieza se centra. Con la aguja de trazar colocada exactamente a la altura del centro se comprueba si las líneas trazadas pasan por el centro. El gramil se mueve, para ello, sobre una placa que descansa sobre la bancada del torno. Si, por ejemplo, la línea horizontal que se ha trazado está descentrada en la magnitud *e*, se aflojará la mordaza 2 en la mitad de la cota *e* y se hace descender por el contrario la mordaza 4. Se procederá de este modo tantas veces como sea necesario para que ambos ejes pasen por el centro. *e)* Eliminación del desplome lateral. La pieza se golpeará con cuidado para retraer la zona que avanza, empleando para ello un martillo de goma, hasta que la aguja de trazar toque por igual la superficie plana de la pieza al girar ésta. *f)* Una pieza puede centrarse también guiándonos por su perímetro. Si la aguja de trazar toca a la pieza en X, se afloja la mordaza 2 en la mitad de *e* y se baja la mordaza 4.

Fig. 74,3. (izquierda). Sujeción por medio de soporte angular. *a)* Pieza; *b)* soporte angular para sujeción; *c)* contrapeso.

Fig. 74,4. (derecha). Centrado y aplomado de piezas mecanizadas por medio de un comprobador de torno (amplificador de esfera).

MECANIZADO EN SERIE DE PIEZAS TORNEADAS

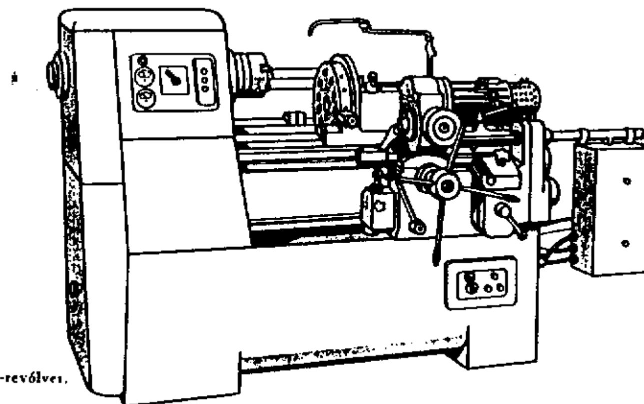


Fig. 75,1. Torno-revólver.

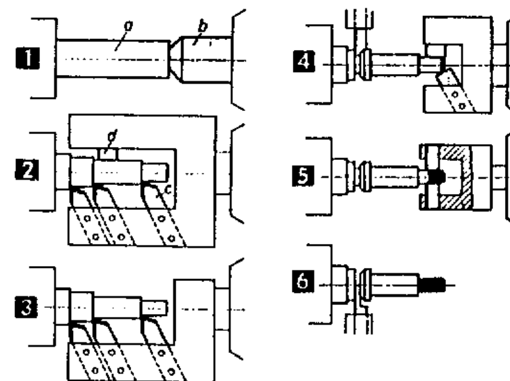
Para fabricar grandes cantidades de piezas torneadas de las mismas dimensiones y de igual material, se utilizan por lo general máquinas especiales.

El torno-revólver (fig. 75,1).

En un torno normal resulta muy engorroso y lento el continuo soltar y sujetar las herramientas y la inversión de sujeción de la pieza en el transcurso de las distintas fases del trabajo, y para evitar esa pérdida de tiempo se emplea el torno-revólver, que resulta más económico. Todas las herramientas que se necesitan para la mecanización de una pieza se sujetan en el soporte-revólver o torre portaútiles. Haciendo girar el soporte se hace que trabajen uno tras otro los distintos útiles.

Ejemplo de trabajo para la mecanización de un perno en el torno revólver.

1	Hágase avanzar la varilla *a*, de la que han de salir las piezas, hasta el tope *b*.
2	Desbastar el perno (*c*, útiles; *d*, guía)..
3	Afinado del perno.
4	Torneado de los biselados.
5	Tallado de roscas.
6	Tronzado.



Por regla general, el soporte-revólver está dispuesto de tal modo que al alejar del corte el carro, se realizan automáticamente los siguientes procesos:

1. Se suelta la fijación que mantiene el soporte-revólver en su posición;
2. el soporte-revólver es girado hasta el punto de quedar el siguiente útil preparado para su aplicación a la pieza;
3. el soporte-revólver vuelve a quedar fijado.

El cambio de útiles se realiza, por lo tanto, de un modo automático. El avance puede realizarse a mano o por medio de un husillo y al chocar contra unos topes se desembraga automáticamente.

Tornos automáticos (fig. 76,1).

La pieza en bruto —generalmente en forma de barra— se introduce por el eje hueco del cabezal y se sujeta mediante un dispositivo de fijación. El torno automático mecaniza de la barra citada y de modo completamente automático, una pieza tras la otra. Todos los procesos de movimiento, por ejemplo el avance y el retroceso del carro, la inversión del soporte-revólver, el aflojamiento, avance y nueva fijación de la barra, se realizan automáticamente. Un obrero puede, por esta razón, tener a su cargo el cuidado de varios tornos automáticos. Existen muchos tipos de torno automático, como, por ejemplo, de uno y de varios husillos.

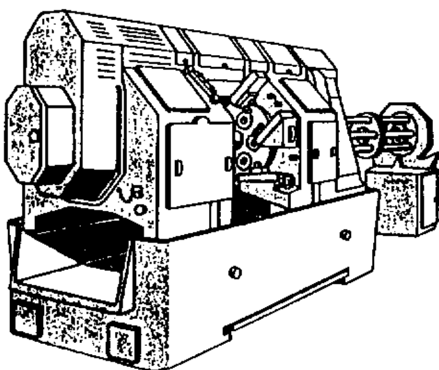


Fig. 76,1. Torno automático.

Tornear según plantilla.

Por medio del torneado según plantilla en tornos especiales de copiar se pueden obtener con rapidez y exactitud piezas iguales unas a otras. Un punzón se mueve a lo largo de una pieza que sirve de muestra y transporta sus movimientos a un útil de tornear que tornea la pieza como reproducción de la muestra dada. Con esto se ahorra el ajuste a los distintos diámetros.

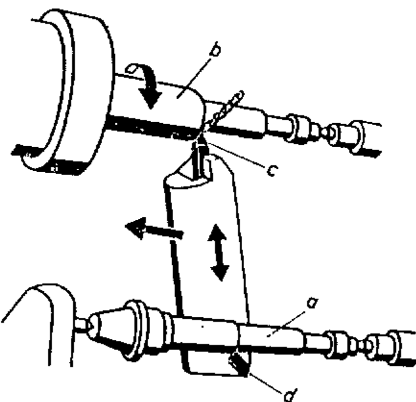


Fig. 76,2. Torneado según plantilla. *a*) Pieza que sirve de muestra; *b*) pieza que se mecaniza; *c*) útil de tornear; *d*) punzón.

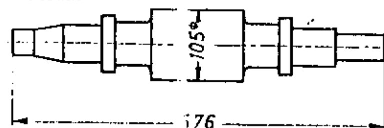


Fig. 76,3. Ejemplo de trabajo para el torneado según plantilla. Árbol para rueda helicoidal de acero níquel-molibdeno de resistencia igual a 70 kg/mm; tiempo de trabajo, 7.8 minutos.

2. MECANIZADO DE PIEZAS PROVISTAS DE TALADROS

Taladros en las piezas.

La mayor parte de las piezas presentan taladros que unas veces son pasantes y otras veces constituyen agujeros ciegos (fig. 77,2).

Los taladros tienen los más diversos fines; así, por ejemplo, se utilizan para alojar remaches, tornillos, pernos, árboles, émbolos, etc., o para dar salida a gases, líquidos, etc.

El taladrado es un procedimiento de trabajo que lleva consigo arranque de viruta y se utiliza para ejecutar agujeros redondos (taladros) en materiales metálicos o no metálicos. Los taladros se practican en el material por medio de herramientas cortantes. La máquina-herramienta más utilizada para ello es la taladradora o máquina de taladrar, aunque también se usan frecuentemente el torno, el torno-revólver, el torno automático, etc.

Además de por arranque de viruta, se pueden practicar agujeros en las piezas por otros procedimientos que no entrañan formación de viruta, por ejemplo por estampado o punzonado, por medio de soplete, por medio de un noyo al fundir, etc. Estos procedimientos son, por lo general, más baratos que el taladrado.

En ninguno de esos procedimientos es posible, sin embargo, obtener tan fácilmente como en el taladrado un diámetro determinado, o una distancia entre ejes fijada previamente, o una superficie bien limpia. Esta es la razón por la cual el taladrado constituye uno de los procedimientos de trabajo más importantes de la industria metalúrgica.

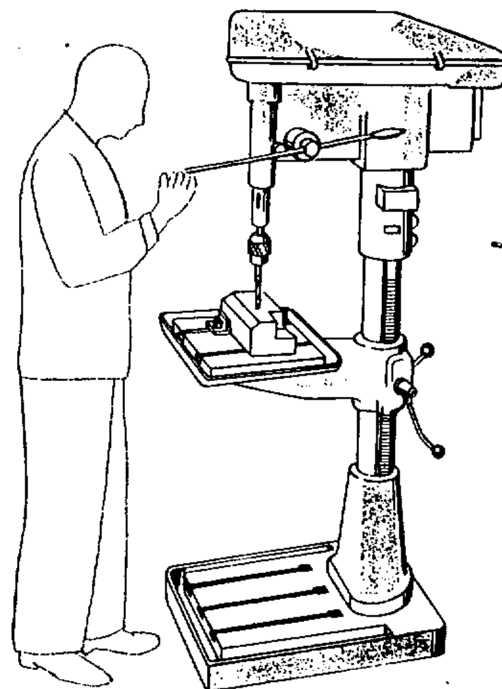


Fig. 77,1. Taladrado con la máquina de taladrar.

A veces los taladros ya hechos se terminan de mecanizar por medio de procedimientos de afino, tales como el escariado, el esmerilado y el repasado. *

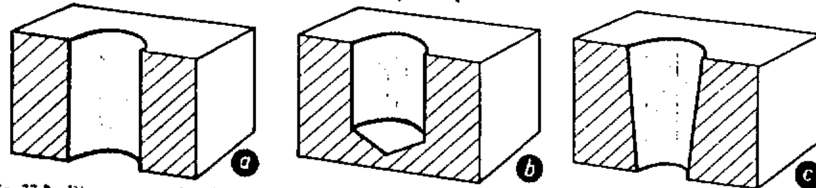


Fig. 77,2. Diversos tipos de taladros. *a*) Agujero cilíndrico pasante; *b*) agujero cilíndrico ciego; *c*) taladro cónico.

* *N. del T.:* La palabra «*Honen*» que proviene de la inglesa «*honing*», la traducimos por «*repasado*», siguiendo el mismo criterio seguido por SERRAT y BONASTRE en su traducción de la obra de H. DUBBEL, *Manual del Constructor de Máquinas*, de Editorial Labor, S. A.

Movimientos al taladrar con taladradora.

Como herramienta para taladrar en pleno material se utiliza preferentemente la broca espiral formada por dos cortes. Con objeto de que los cortes o filos puedan arrancar virutas se necesitan dos movimientos simultáneos (fig. 78,1).

1. Rotación de la broca. El movimiento de giro se llama también movimiento de corte o movimiento principal.

En casos especiales el movimiento de corte, o movimiento principal, lo realiza la pieza a mecanizar, que está animada por un movimiento de rotación, como ocurre, por ejemplo, cuando se hacen taladros en el torno.

El movimiento principal se mide por la velocidad de corte en m/min. Ésta es máxima en el punto más exterior de la broca y disminuye hacia el eje de la misma.

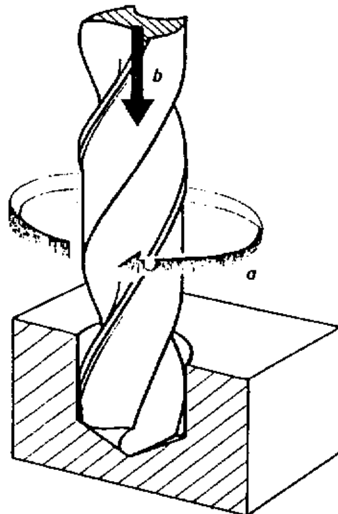


Fig. 78,1. Movimiento al taladrar con la máquina de taladrar. a) Movimiento de corte o principal; b) movimiento de avance.

2. Movimiento de traslación de la broca contra la pieza. Este movimiento se llama movimiento de avance y determina el espesor de la viruta.

El avance puede también tener lugar por movimiento de la pieza contra la broca animada de movimiento de rotación; esto ocurre, por ejemplo, en algunas máquinas de mesa pequeñas por elevación de la mesa.

El movimiento de avance se mide en mm/rev.

Mediante la combinación de los movimientos principal y de avance se da lugar a la formación de virutas continuas.

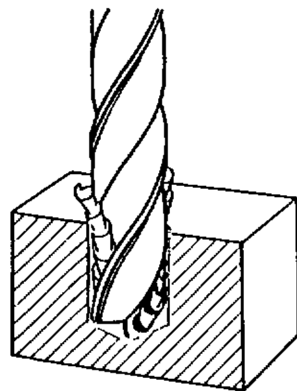


Fig. 78,2. Ejecución de taladros en material lleno, es decir, en sitio no previamente perforado.

En los trabajos de taladrado cabe distinguir entre la ejecución de taladros en material lleno (o sea, en sitio no previamente perforado) y la segunda pasada a un agujero practicado con anterioridad (figs. 78,2,3).

Para dar el segundo taladro a un agujero se emplea en la máquina de taladrar, además de la broca espiral, predominantemente el penetrador de espiral provisto de tres o cuatro filos.

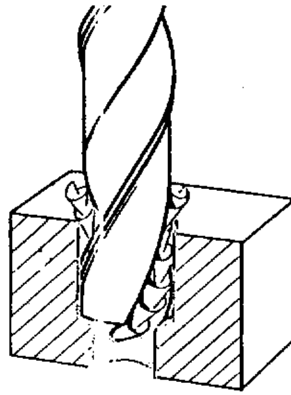


Fig. 78,3. Terminación, por segunda pasada, de un agujero previamente practicado.

Tipos de máquinas taladradoras y constitución de las mismas.

Los movimientos principal y de avance los recibe la broca por medio de la máquina de taladrar. La distinta forma que puede tener la pieza a mecanizar, así como la magnitud, la calidad y el número de los taladros a ejecutar, han conducido a la creación de distintos tipos de máquinas de taladrar. Además de los trabajos normales de taladrado pueden realizarse, en la mayoría de las máquinas de taladrar, trabajos de avellanado, de escariado y de roscado.

Según la posición del husillo portaútil se distingue entre taladradoras verticales y taladradoras horizontales.

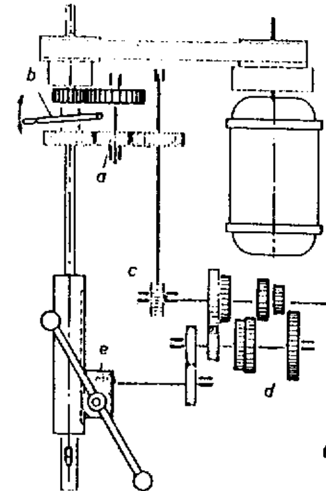


Fig. 79,1. Movimiento principal y de avance en una máquina de taladrar. a) Engranajes para el movimiento principal; b) palanca de embrague para el movimiento principal; c) derivación para el movimiento de avance por medio de rueda helicoidal y tornillo sin fin; d) sistema de engranajes desplazables para variar el avance; e) rueda helicoidal y tornillo sin fin para producir el avance.

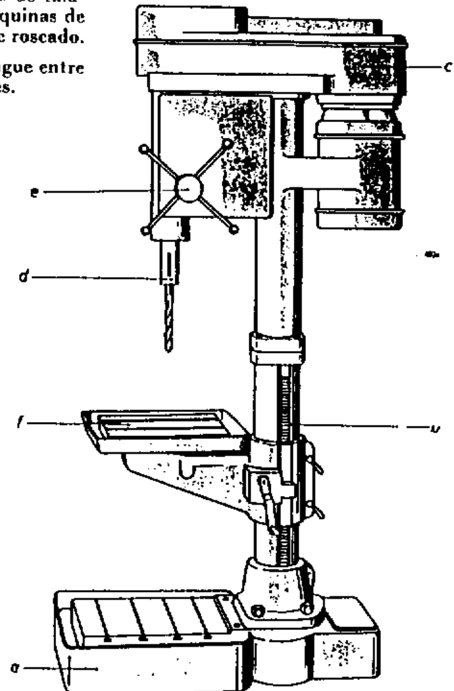


Fig. 79,2. Elementos principales de una taladradora de columna. a) Placa de asiento; b) bastidor (columna); c) mecanismo para el movimiento principal; d) husillo portaútil; e) mecanismo para el movimiento de avance; f) mesa de taladrar.

Taladradora vertical.

Existen diversos tipos de máquinas de taladrar con el husillo principal dispuesto en posición vertical.

Taladradora de columna (figs. 79,1,2).

En el soporte, en forma de columna, de la taladradora van dispuestos el husillo de taladrar los mecanismos para el movimiento principal y de avance y la mesa de taladrar.

En el **husillo de taladrar** (también llamado por esta razón husillo portaútil) va dispuesta la broca. Ese husillo va alojado en el casquillo de guía (pínula) del husillo. En su parte inferior va provisto de un taladro cónico en que entra el mango del útil.

El mecanismo del movimiento principal transmite al husillo de taladrar el movimiento de giro procedente de un motor eléctrico o de una transmisión. Con objeto de poder utilizar distintas velocidades de rotación va dispuesto ese mecanismo en forma de poleas escalonadas o de engranajes. Hay también máquinas cuyo accionamiento es regulable sin escalonamiento.

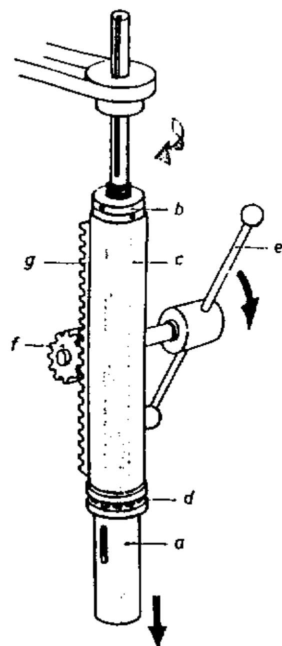


Fig. 80,1. Guía del husillo de taladrar: a) Husillo; b) tuerca de anillo; c) casquillo; d) rodamientos de bolas; e) palanca; f) rueda dentada; g) cremallera.

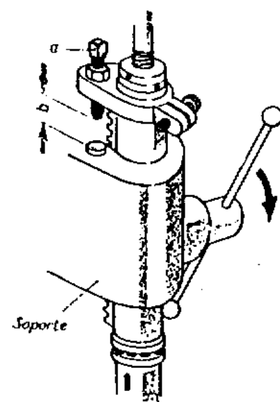


Fig. 80,2. Limitación del avance. a) Tornillo de tope; b) avance.

El mecanismo para el avance da al husillo de taladrar el movimiento de avance rectilíneo.

En el casquillo guía del husillo va dispuesta una cremallera (fig. 80,1), en la cual engrana una rueda dentada que recibe su giro por medio de una palanca de mano. El casquillo puede moverse en un soporte hacia arriba y hacia abajo. Con objeto de que el husillo de taladrar pueda seguir este movimiento, va sujeto arriba por dos tuercas de anillo y abajo por la brida de la cabeza del husillo. Con objeto de disminuir los rozamientos va dispuesto un cojinete de rodamientos entre la brida y el casquillo. La parte superior del husillo de taladrar puede desplazarse en la polea para correa o en la rueda dentada que arrastran el husillo mediante una ranura longitudinal y una chaveta fija que desliza a lo largo de ella. Para conseguir el movimiento vertical del husillo se hace uso en las máquinas grandes de un tornillo sin fin y una rueda helicoidal. El avance automático es producido frecuentemente por un trinquete de acoplamiento o una rueda de trinquete que obtiene su movimiento del mecanismo del movimiento principal. Mediante accionamiento de palancas se pueden obtener distintos avances (fig. 79,2).

Con objeto de taladrar un agujero de una determinada profundidad se utiliza un tope (fig. 80,2). A veces se prevé un desembrague automático que actúa sobre el avance cuando se ha obtenido una determinada profundidad de agujero.

La mesa de taladrar soporta la pieza a taladrar. La pieza se sujeta por medio de ranuras de fijación. Una canal de captación recoge el agua utilizada para refrigerar. Mediante una manivela que actúa sobre un mecanismo de rueda dentada y cremallera se mueve la mesa hacia arriba y hacia abajo. Con auxilio de una palanca puede dejarse la mesa firmemente sujeta a la columna.

La máquina taladradora del tipo de columna se emplea generalmente para taladros hasta los 25 mm de diámetro. Resulta desventajoso el hecho de que para practicar taladros profundos el husillo portaútil sobresalga mucho de sus cojinetes, pues ello puede dar lugar a que la broca se desvíe fácilmente.

La taladradora vertical pertenece al tipo de las máquinas taladradoras *fijas* por tener su sitio fijo en el taller. Además de éstas existen las taladradoras *libremente movibles*, que son predominantemente taladradoras de mano de distintos modelos.

Los berbiquís o taladros de barrena son máquinas taladradoras accionadas a mano que se prestan para taladrar agujeros pequeños.

La sencilla **máquina taladradora de mano** llamada también **taladro de pecho** recibe el movimiento de giro accionando una manivela.

Taladradoras eléctricas de mano, taladradoras de aire a presión, de mano. Para accionamiento de estas máquinas se emplean la corriente eléctrica o el aire a presión, respectivamente. En la taladradora eléctrica de mano, los cables y enchufes en malas condiciones constituyen una importante fuente de peligros de accidente.

La chicharra o carraca se emplea predominantemente en trabajos de montaje para taladrar agujeros en sitios difícilmente accesibles. La broca obtiene mediante el accionamiento de una manivela un movimiento de rotación intermitente. La operación de taladrado va con esta máquina unida a un notable gasto de tiempo.

Taladradora de sobremesa (fig. 81,1).

Tiene su sitio generalmente sobre el banco de trabajo y se presta para la ejecución de agujeros hasta de unos 10 mm de diámetro.

Máquina de taladrar de columna (fig. 81,2).

El bastidor, cuerpo o columna de la máquina es muy rígido y por esta razón resulta adecuada la máquina para taladrar grandes agujeros. El avance viene realizado por el carro o cabezal portaútil que es guiado a lo largo de la columna. Con esto resulta que el cojinete principal del husillo se encuentra siempre en la proximidad del punto en que se realiza el trabajo, es decir, que el husillo va bien guiado, incluso cuando se ejecutan agujeros profundos.

Taladradora múltiple, o sea de varios husillos (fig. 81,3).

El cabezal de taladrar va provisto de varios husillos accionados por el husillo principal. En *una* sola carrera de trabajo se pueden taladrar varios agujeros. Estas máquinas se utilizan principalmente en las fabricaciones en serie.

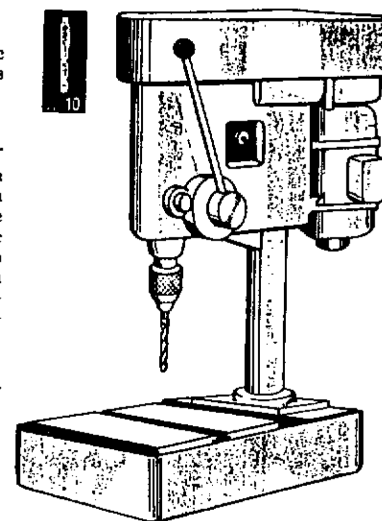


Fig. 81,1. Taladradora de sobremesa.

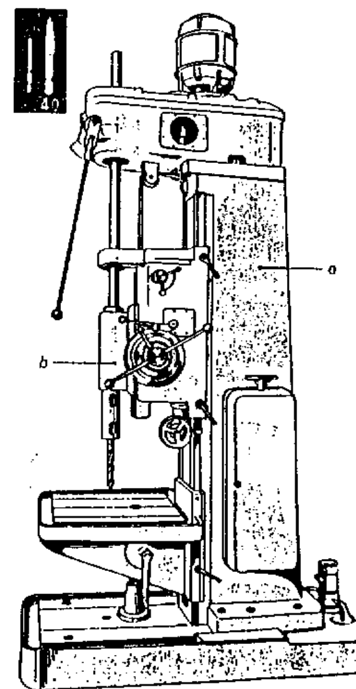


Fig. 81,2. Taladradora de columna. a) Columna; b) carro de taladrar.

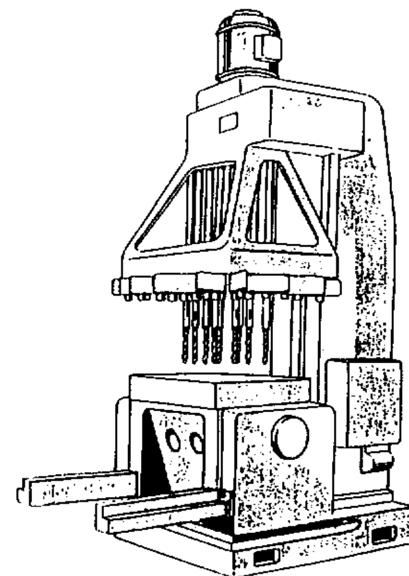
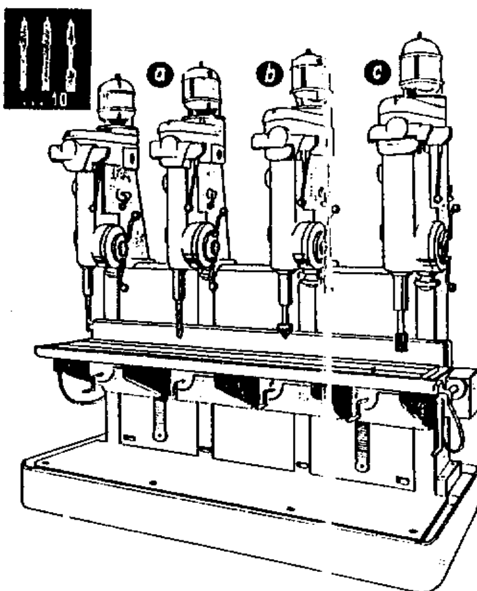


Fig. 81,3. Taladradora múltiple o de varios husillos.

Taladradora serie (fig. 82,1).

En una pieza puede haber necesidad de realizar varios procesos de trabajo, por ejemplo, taladrado, avellanado y escariado. La máquina se emplea en el trabajo en serie.



Taladradora radial (fig. 82,2).

El carro de taladrar es soportado por el brazo y puede desplazarse sobre éste en forma radial. El brazo puede girar alrededor de la columna de la máquina y moverse verticalmente. El husillo portaútil es accionado en las máquinas modernas por medio de un motor directamente acoplado sobre el carro de taladrar. Disponiendo de una extensa gama de velocidades de rotación se pueden taladrar agujeros grandes y pequeños. La pieza se fija sobre la mesa de taladrar que va provista de ranuras de sujeción. En virtud de las muchas posibilidades de movimiento puede taladrarse en los sitios más diversos sin necesidad de cambiar la sujeción de la pieza.

Fig. 82,1. (arriba). Taladradora serie. *a*) Taladrado; *b*) avellanado; *c*) escariado.

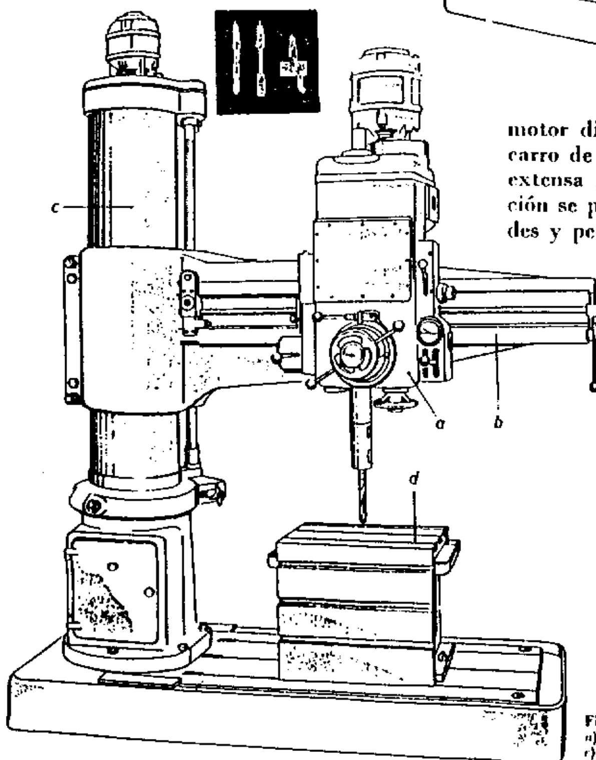


Fig. 82,2. Taladradora radial. *a*) Carro de taladrar; *b*) brazo; *c*) columna; *d*) mesa de taladrar.

Máquina de taladrar con plantilla (fig. 83,1).

En una de estas máquinas se ejecutan taladros con distancias muy exactas entre centros. El husillo de taladrar va muy bien soportado. La pieza se sujeta sobre la mesa de taladrar, que va dispuesta en forma de mesa cruzada, movible longitudinal y transversalmente por medio de husillos. Con ayuda de dispositivos de medida pueden establecerse distancias entre agujeros con precisión hasta de 0,011 mm.



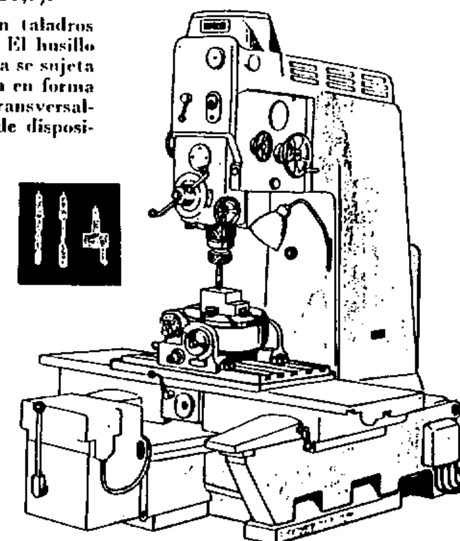


Fig. 83,1. Máquina de taladrar con plantilla.

Máquina horizontal de taladrar (fig. 83,2).

Se emplea esta máquina para trabajos de taladrado, fresado y torneado en piezas complicadas. El husillo portaútil, colocado horizontalmente, sirve para disponer en él las herramientas de taladrar y de fresar. Recibe su movimiento de un motor directamente acoplado y puede desplazarse longitudinalmente. Por medio de un sistema de engranajes, alojado en el carro o cabezal, pueden obtenerse distintos números de revoluciones y de avances. El carro portaútil es desplazable hacia arriba y hacia abajo a lo largo de un bastidor o columna vertical de la máquina. Para servir de apoyo a las barras o ejes largos de barrenar se utiliza una columna auxiliar. Las piezas se sujetan sobre la mesa de la máquina, que es rotativa y puede, además, desplazarse longitudinal y transversalmente de modo que una pieza puede, sin cambiar su modo de estar sujeta, ser trabajada en diversos sitios.

Existen, además, máquinas de taladrar cuya mesa de sujeción de piezas es fija. En este caso puede desplazarse transversalmente la columna o bastidor vertical de la máquina.

Con objeto de que en el servicio de la máquina no se pierda mucho tiempo, se han dispuesto todas las palancas de mando en el carro de taladrar.

La máquina taladradora horizontal es una de las máquinas de más variadas aplicaciones.

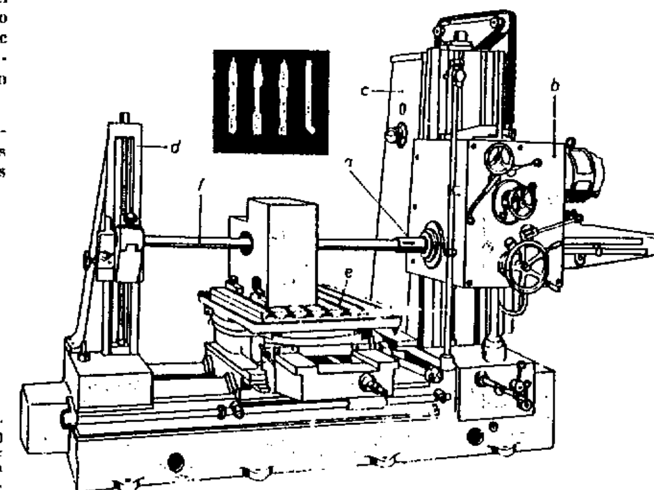


Fig. 83,2. Máquina horizontal de taladrar: *a*) husillo portaútil; *b*) carro; *c*) columna de la máquina; *d*) columna auxiliar; *e*) mesa de la máquina; *f*) barra o eje de taladrar.

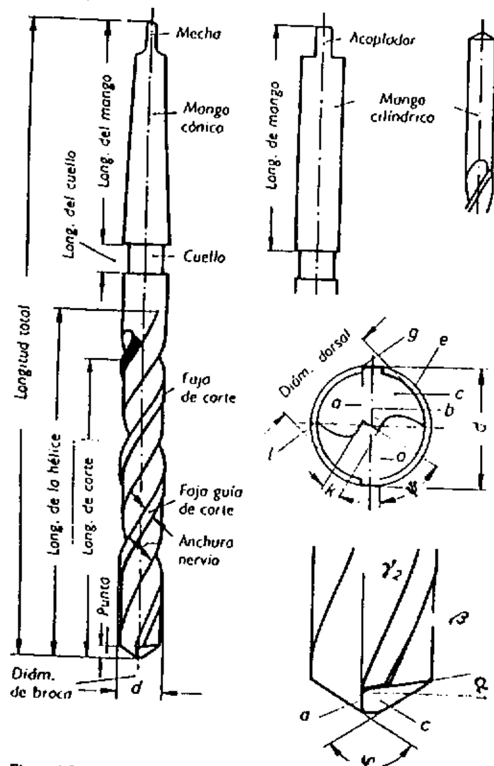


Fig. 84,1. Designaciones en la broca espiral, según DIN. α_1, ángulo de incidencia en las esquinas del filo; γ_1, ángulo de la espiral en las esquinas del filo; β, ángulo de filo; φ (se pronuncia: fi) ángulo de la punta; ψ (se pronuncia: psi) ángulo de los filos transversales; *a*) filo principal o labio; *b*) filo transversal; *c*) superficie de incidencia, o de afilado, del labio; *d*) diámetro de la broca; *e*) dorso; *g*) esquina del filo; *k*) espesor del núcleo; *l*) canto o arista dorsal.

Herramientas para taladrar.

Para taladrar se emplea preferentemente la broca espiral. Pero además existen también para diversos fines un gran número de brocas especiales.

Las brocas se hacen de acero de herramientas (WS) y acero rápido (SS ó HSS). Para taladrar materiales muy duros y fuertemente abrasivos se emplean brocas dotadas de filos de metal duro.

La broca espiral.

Forma de la broca (fig. 84,1). Las brocas espirales más usuales están normalizadas. El vástago sirve para sujeción en la máquina. Este vástago o mango puede ser cilíndrico o cónico. La parte cortante obtiene su forma fundamental mediante dos ranuras helicoidales[1].

La sección de material que queda entre las ranuras se llama núcleo. Los filos principales se forman mediante esmerilado de la punta. Entre las dos superficies de incidencia se halla el filo transversal que forma, con ambos filos transversales, el ángulo llamado de los filos transversales. El filo transversal no corta, sino que rasca únicamente. El filo empuja el material del centro del agujero delante de los filos principales y consume con ello aproximadamente el 40 % del esfuerzo de avance. Los biseles dan a la broca la necesaria guía e impiden que roce con su parte dorsal en el agujero taladrado. Con objeto de que al taladrar agujeros profundos no resulten deteriorados los biseles, se hace disminuir el diámetro de la broca hacia el mango como unos 0,05 mm por cada 100 mm de longitud. Lo mismo que con todas las herramientas para trabajar con arranque de viruta, se dan también en la broca espiral los ángulos de incidencia, de ataque y de filo. Los ángulos se presentan en ambos filos principales.

Angulo de incidencia. Con objeto de que puedan penetrar en el material los filos principales, las superficies de incidencia caen en forma curvada, hacia abajo, partiendo de los filos principales. El ángulo de incidencia, medido en las esquinas del filo, tiene que tener una magnitud de 5 a 8º.

Angulo de ataque. Este ángulo está formado por el ángulo de las ranuras espirales. Tiene su medida máxima en las esquinas de los filos y disminuye hacia el centro de la broca hasta casi los 0º. La consecuencia de esto es que la formación de virutas resulta entorpecida hacia el centro.

Los ángulos de incidencia y de ataque son influidos por el avance en su magnitud eficaz (fig. 85,1).

Angulo de filo o de cuña. Con la magnitud del ángulo de incidencia y de la espiral queda al mismo tiempo determinada la magnitud del ángulo de filo.

El *ángulo en la punta* abarca los dos filos principales. Su magnitud se elige de tal modo que se formen filos principales rectilíneos (véase la figura 85,3).

[1] Por razón de las ranuras helicoidales deberían llamarse estas brocas, brocas helicoidales y no espirales.

Elección de la broca. En la elección de la broca para la ejecución de un determinado trabajo de taladrado, hay que tener en cuenta lo siguiente: tamaño del agujero a taladrar, material en que se trabaja y afilado de la broca.

El *tamaño del agujero a taladrar* es decisivo para fijar el diámetro de la broca. Toda broca da lugar a un taladro de diámetro algo mayor al de la broca. El *material de la pieza a taladrar* determina el ángulo de ataque o de desprendimiento de la viruta y el de la punta (T. 85,1 y 2).

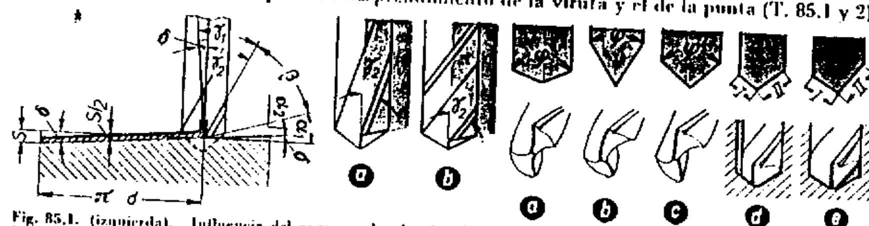


Fig. 85,1. (izquierda). Influencia del avance sobre los ángulos de incidencia y de ataque, o de desprendimiento de la viruta: El perímetro de la broca se representa en forma de línea recta ($\pi \cdot d$). Como el filo penetra en el material, durante una revolución, en la longitud igual al avance *s*, su recorrido no es horizontal sino inclinado en el valor del ángulo de inclinación del avance. El ángulo eficaz de incidencia α_1 es menor que el de incidencia α, medido en las esquinas del filo precisamente en el valor de aquel ángulo. El ángulo eficaz de ataque o de desprendimiento de viruta γ_1 es mayor que el de la espiral γ_2 en el valor del ángulo de inclinación del avance.

Fig. 85,2. (centro). El ángulo de ataque, o de desprendimiento de viruta, corresponde aproximadamente al ángulo de la espiral: *a*) para materiales duros; *b*) para materiales blandos.

Fig. 85,3. (derecha). Afilado del ángulo de la punta. *a*) Filos principales arqueados hacia atrás: φ demasiado grande. *b*) Filos principales arqueados hacia adelante: φ demasiado pequeño. *c*) Filos principales rectos: φ correcto. *d*) Filos de longitud desigual: el taladro resulta demasiado grande. *e*) Ángulos de la punta desiguales: el filo se embota rápidamente, porque sólo trabaja un filo.

T. 85,1. Valores prácticos para ángulo de la espiral γ_2 (extracto de DIN 1414)

Diámetros d	Tipo W	Tipo H	Tipo N
Hasta 0,6	—	—	16º
Mayor que 0,6 hasta 1	—	—	18º
Mayor que 1 hasta 3,2	35º	10º	20º
Mayor que 3,2 hasta 5	35º	12º	22º
Mayor que 5 hasta 10	40º	13º	25º
Mayor que 10	40º	13º	30º

T. 85,2. Valores prácticos para el empleo de los tipos de herramienta N, H, W (extracto de DIN 1414).

Material a trabajar	Tipo de herramienta	Ángulo de la punta
Acero, acero moldeado: 40 ... 70 kg/mm² 70 ... 120 kg/mm²	N N	118º 130º
Fundición gris, fundición maleable	N	118º
Latón: hasta Ms 58 desde Ms 60	H N	118º
Cobre hasta ⌀ broca = 30 mm ⌀ broca más de 30 mm	W N	140º
Aleación de aluminio: de viruta larga de viruta corta	W N	140º
Mat. moldeados a presión: espesores $s \leq d$ espesores $s \geq d$	H W	80º
Materias prensadas por capas, goma dura	H	80º
Mármol, pizarra, carbón	H	80º

A los distintos materiales que se trabajan les corresponden determinados tipos de herramientas (T. 85,1 y 2).

Según DIN se distinguen los siguientes tipos:

Herramientas de tipo N para aceros normales de construcción de máquinas.

Herramientas tipo H para materiales especialmente duros y materiales tenaces y duros.

Herramientas tipo W para materiales especialmente blandos y tenaces.

Las brocas espirales llevan generalmente, a partir del diámetro 2 mm, la siguiente inscripción: Diámetro, material, fabricante. Designación de una broca espiral con cono Morse de diámetro *d* = 15 mm, tipo de herramienta N (fabricación corriente) de acero rápido (SS): Broca espiral 15 N DIN 345 SS.

El *afilado de la broca* influye sobre el rendimiento de la misma y, además, sobre la exactitud de medidas y la calidad superficial del taladro (fig. 85,3).

Los filos principales tienen que estar bien afilados y ser rectos. Los filos arqueados hacia adelante o hacia atrás se desgastan rápidamente. Cuando los filos principales tienen longitudes desiguales, el taladro resulta demasiado grande; cuando no están simétricamente dispuestos respecto al eje del taladro, no trabaja sino un filo que entonces se embotará prematuramente. Para verificar el ángulo de la punta se utiliza una galga de afilado. Los filos embotados originan en el agujero una pared rugosa. Los ángulos de incidencia tienen la magnitud correcta cuando el ángulo del filo transversal vale 55°. Con objeto de aminorar la acción perjudicial del filo transversal, se acorta éste mediante esmerilado en las brocas grandes (fig. 86,4). El esmerilado se hace innecesario si se taladran previamente agujeros mayores.

Ventajas de la broca espiral. En el reafilado se mantienen hasta el final el diámetro y el ángulo de la espiral (ángulo de ataque o de expulsión de la viruta). Las virutas son expulsadas automáticamente del agujero taladrado por medio de las ranuras helicoidales.

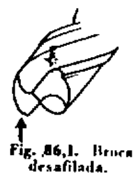


Fig. 86,1. Broca desafilada.

Cuidados de las brocas. El desgaste de una broca se reconoce primeramente por el redondeamiento de los vértices exteriores de los filos principales (fig. 86,1). Si se sigue trabajando con una broca embotada se calienta fuertemente por el rozamiento y pierde su dureza, produciéndose, como consecuencia, la destrucción completa del filo. Hay que tener cuidado, por lo tanto, en proceder al reafilado a su debido tiempo. Afilando la broca a mano (fig. 86,2) puede darse lugar a defectos como, por ejemplo, el de resultar el ángulo en la punta demasiado grande o demasiado pequeño, o los filos de diferente longitud, o el ángulo de incidencia también demasiado grande o demasiado pequeño. El afilado debe, pues, ser realizado en una máquina de afilar herramientas (fig. 86,3). Los filos se refrigeran con objeto de que no se calienten durante el reafilado.

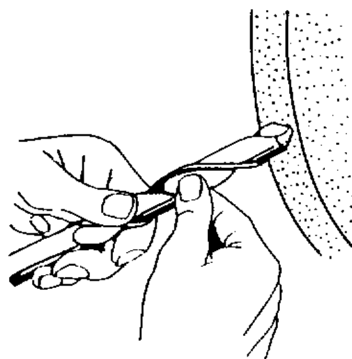


Fig. 86,2. Afilado a mano.

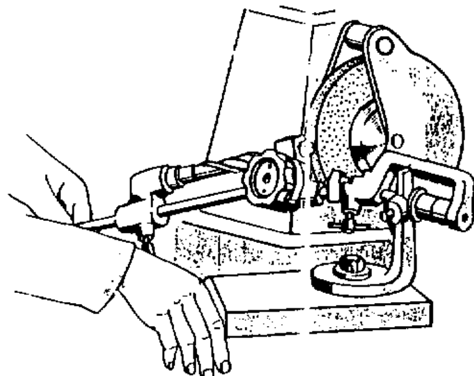


Fig. 86,3. Afilado con montaje.

Para realizar taladros en la fundición gris resulta ventajoso el afilado de una faja: esto rompe la viruta y descarga los vértices de los filos (fig. 86,5) resultando para los filos un mayor tiempo de duración.



Fig. 86,4. Acortamiento del filo transversal mediante afilado.

Después de ser usada hay que limpiar la broca. Tanto el mango como los filos deben ser protegidos contra deterioros. Es recomendable guardar las brocas convenientemente ordenadas por diámetros en cajas de madera, con lo cual se evita la inútil pérdida de tiempo que supone la búsqueda de la broca adecuada.



Fig. 86,5. Afilado para fundición gris.

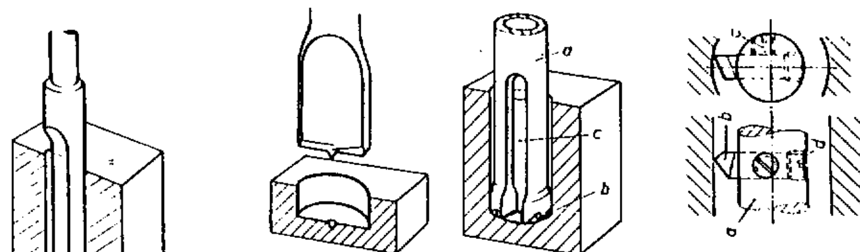


Fig. 87,1. (izquierda). Broca para agujeros profundos.
Fig. 87,2. (arriba, centro). Broca de centrar.
Fig. 87,3. (arriba, derecha). Taladrado con la broca hueca. *a*) Broca hueca; *b*) filos; *c*) núcleo.
Fig. 87,4. (derecha). Barra de barrenar o eje de barrenar, guiado, para ejecución de agujeros largos. *a*) Barra, guiada, de barrenar; *b*) cuchilla postiza; *c*) tornillo de sujeción; *d*) tornillo de ajuste; *e*) cuchilla de dos filos; *f*) cuña de fijación; *g*) guía.

Herramientas especiales para taladrar.

La broca para agujeros profundos (broca para barrenar cañones) (fig. 87,1) es adecuada para la ejecución de taladros profundos y exactos. No trabaja sino por un solo filo.

La broca de centrar (fig. 87,2) se emplea cuando los agujeros han de tener un fondo plano. Llevan una punta que sirve de guía. *

La broca hueca ** (fig. 87,3) recorta un núcleo en el material. Se emplea predominantemente en máquinas especiales de taladrar.

La broca de recortar (fig. 87,6) sirve, como su nombre indica, para recortar agujeros. ***

Con **la cuchilla de taladrar** (fig. 87,7) pueden practicarse agujeros grandes.

Las barras o ejes de taladrar o barrenar provistos de cuchillas postizas se utilizan también para ejecutar agujeros. Para trabajar en máquinas horizontales de taladrar se emplean barras de taladrar al aire y también otras guiadas (figs. 87,4,5). Estas barras van templadas y rectificadas con objeto de que en cualquier sitio puedan deslizar dentro de guías.

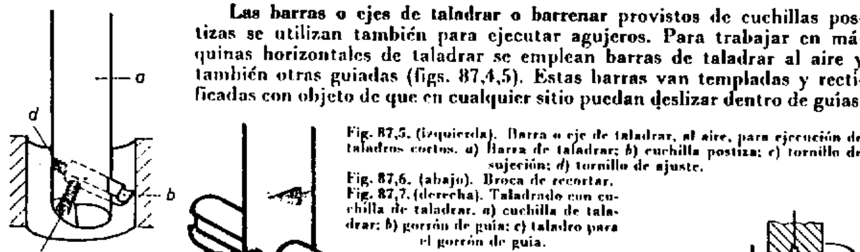


Fig. 87,5. (izquierda). Barra o eje de taladrar, al aire, para ejecución de taladros cortos. *a*) Barra de taladrar; *b*) cuchilla postiza; *c*) tornillo de sujeción; *d*) tornillo de ajuste.
Fig. 87,6. (abajo). Broca de recortar.
Fig. 87,7. (derecha). Taladrado con cuchilla de taladrar. *a*) cuchilla de taladrar; *b*) gorrón de guía; *c*) taladro para el gorrón de guía.

* *N. del T.:* Suele llamarse también broca de centrar a una pequeña broca usada para abrir orificios en los extremos de las barras que van a ser montadas entre puntas en un torno, obedeciendo su forma particular al objeto de producir agujeros avellanados y suelen estar dispuestas para centrar y refrentar el extremo de una barra, en una sola operación.

** *N. del T.:* Algunos llaman también a este útil *broca para núcleos*.

*** *N. del T.:* A esta broca de taladrar que lleva un brazo radial con una cuchilla, desplazable con objeto de poderla ajustar para abrir taladros de diferentes diámetros, la llaman algunos *broca de expansión*.

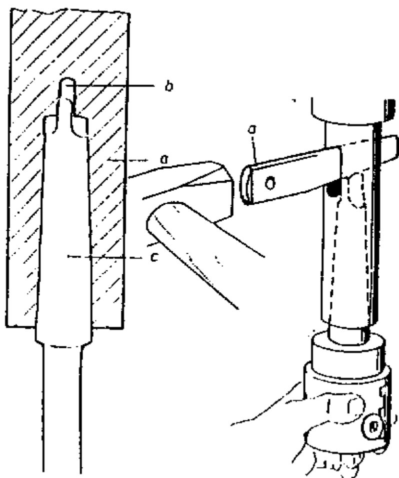


Fig. 88,1. (izquierda). Sujeción de brocas con mango cónico. a) Extremo del husillo de taladrar; b) orificio transversal; c) mango de la broca.
Fig. 88,2. (derecha). Modo de extraer la broca con el expulsor o sacabrocas. a) Expulsor (redondeamiento arriba).

Sujeción de la broca.

Al sujetar la broca, lo más importante es conseguir que ésta gire «redondo», o sea concéntricamente, pues en caso contrario el útil se quiebra con facilidad.

Las brocas provistas de mango cónico se introducen en la cavidad cónica del husillo portaútil (fig. 88,1). La mecha se aloja en el agujero largo del husillo. Las diferencias de tamaño entre el mango cónico y la citada cavidad cónica del husillo portaútil se compensan mediante casquillos cónicos normalizados. Durante el trabajo, la broca es arrastrada en virtud del rozamiento con la superficie cónica interior del casquillo o del husillo en que se ha introducido a presión. Pero esto no resulta posible nada más que cuando el cono exterior y el interior están exentos de deterioros o de materias extrañas. La existencia de cuerpos extraños entre las superficies cónicas tiene como consecuencia el giro excéntrico de la broca, por lo cual antes de introducir la broca en el alojamiento correspondiente han de ser limpiados cuidadosamente ambos conos. La mecha del mango de la broca no tiene por objeto actuar como elemento de arrastre, sino que se utiliza para soltar la broca por medio de un expulsor o sacabrocas (figura 88,2). Antes de extraer la broca, dispóngase debajo de ella un trozo de madera con objeto de que al caer no se deteriore su punta.

Para sujetar brocas provistas de mango cilíndrico se utilizan cabezales de taladrar o portabrocas con dos o tres mordazas de sujeción (fig. 88,3). Hay que poner atención en que la broca pegue en el fondo del cabezal con objeto de que no resbale hacia adentro durante el trabajo. Los cabezales tienen frecuentemente, en el fondo, dos superficies a las cuales se adaptan las del extremo del mango de la broca, consiguiéndose de este modo un más seguro arrastre de esta última.

Los cabezales de cambio rápido (figura 88,3) permiten la sujeción y la extracción de los útiles de taladrar sin necesidad de tener que parar la máquina. Se utilizan especialmente en los trabajos en serie.

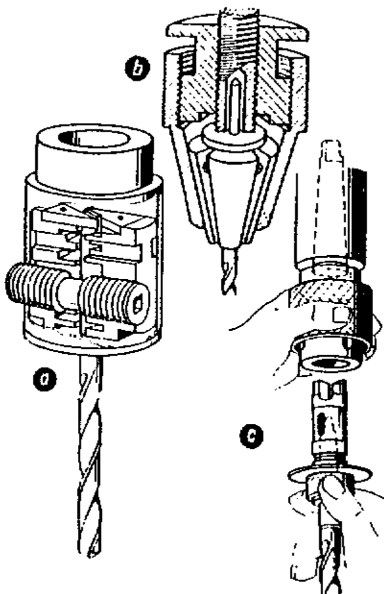


Fig. 88,3. Cabezal de taladrar. a) Cabezal de dos mordazas; b) cabezal de tres mordazas.

Número de revoluciones, avance y refrigeración al taladrar.

El número de revoluciones de la broca está relacionado con la velocidad de corte (T. 89,1) y con el diámetro de la broca. Se entiende por velocidad de corte en la operación de taladrado, el recorrido del punto más exterior del filo de la broca en m/min.

Ejemplo: Se trata de practicar un agujero en una llanta de acero.

Datos: diámetro del agujero, 14 mm; material de la llanta de acero St 37.11. *

Se desea hallar: número de revoluciones (n) de la broca.

Solución: De acuerdo con la tabla 89,1 se ha elegido una velocidad de corte de v = 22 m/min.

Diámetro de la broca d = 14 mm.

$$n = \frac{v \cdot 1000}{\pi \cdot d} = \frac{22 \text{ m/min} \cdot 1000}{3{,}14 \cdot 14 \text{ mm}} \approx 501 \text{ rev/min.}$$

Supongamos que en la taladradora puedan establecerse los siguientes números de revoluciones: 47,5 – 75 – 118 – 190 – 300 – 475 – 750 – 1180 por minuto.

En este caso habría que escoger un número de revoluciones igual a 475 por minuto.

Frecuentemente traen las taladradoras unos cuadros en los cuales puede leerse para cada velocidad de corte y para cada diámetro de broca el número de revoluciones que corresponde (véase figura 94,3, pág. 94).

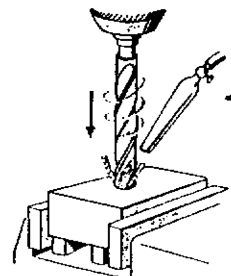


Fig. 89,1. El taladrado exige una correcta elección del número de revoluciones, del avance y de la refrigeración.

El avance se expresa en mm por cada revolución de la broca, diciendo, por ejemplo, 0,2 mm/rev. De esta magnitud dependen el espesor de la viruta, la fuerza de avance necesaria y la calidad de superficie de las paredes del taladro realizado. El avance admisible se determina teniendo en cuenta el material a taladrar y el diámetro de la broca que se utiliza (T. 89,1).

Cuando se taladran pequeños agujeros, el avance se regula, generalmente, a mano mediante accionamiento de una palanca de mano. En este caso hay que trabajar con tacto, ya que las brocas pequeñas se quiebran con mucha facilidad.

Refrigeración. La broca puede perder su dureza y embotarse rápidamente en virtud del calor que se desarrolla durante el trabajo de taladrado. Por medio de una abundante aportación de un líquido refrigerante adecuado (T. 89,1) se elimina el calor, se eleva la capacidad de corte de la broca y se mejora la calidad superficial de las paredes del agujero.

T. 89,1. VELOCIDAD DE CORTE (v), AVANCE (s) Y REFRIGERACIÓN PARA BROCAS DE ACERO SS **

Material		Diámetro de la broca 5	10	15	20	25	30	Refrigeración
Acero hasta 40 kg/mm²	s	0,1	0,18	0,25	0,28	0,31	0,34	
	v	15	18	22	26	29	32	T
Acero hasta 60 kg/mm²	s	0,1	0,18	0,25	0,28	0,31	0,35	ó
	v	13	16	20	23	26	28	C
Acero hasta 80 kg/mm²	s	0,07	0,13	0,16	0,19	0,21	0,23	
	v	12	14	16	18	21	23	
Fundición gris hasta 18 kg/mm²	s	0,15	0,24	0,3	0,32	0,35	0,38	S
	v	24	28	32	34	37	39	
Fundición gris hasta 22 kg/mm²	s	0,15	0,24	0,3	0,33	0,35	0,38	ó
	v	16	18	21	24	26	27	T

Material		Diámetro de la broca 5	10	15	20	25	30	Refrigeración
Latón hasta 40 kg/mm²	s	0,1	0,15	0,22	0,27	0,3	0,32	T ó C
	v	60 ... 70 m/min.						
Bronce hasta 30 kg/mm²	s	0,1	0,15	0,22	0,27	0,3	0,32	ó S
	v	30 ... 40 m/min.						
Aluminio puro	s	0,05	0,12	0,2	0,3	0,35	0,4	T ó C
	v	80 ... 120 m/min.						
Aleaciones de aluminio	s	0,12	0,2	0,3	0,4	0,46	0,5	ó S
	v	100 ... 150 m/min.						
Aleaciones de magnesio	s	0,15	0,2	0,3	0,38	0,4	0,45	S
	v	200 ... 250 m/min.						

T = taladrina   C = aceite de corte y de refrigeración   S = en seco

* *N. del T.:* La denominación del material obedece a las Normas DIN. Véase a este respecto la nota de página 31.
** *N. del T.:* Las letras SS hacen referencia a la palabra alemana Schnellstahl = acero rápido.

EJECUCIÓN DE TALADROS SENCILLOS CON LA TALADRADORA DE COLUMNA

A los taladros que han de servir para alojar roblones y tornillos no suele, por lo general, exigírseles condiciones especiales en cuanto a exactitud de dimensiones y calidad superficial. Los tamaños de los agujeros pasantes para tornillos están normalizados por DIN 69.

Ejemplo de trabajo.

Trabajo encargado: Se trata de dotar a la mordaza o brida de sujeción de la figura 90,1 de un taladro pasante de 16 mm de diámetro (para una tuerca hexagonal M 14) tal como allí se indica. En la figura no se da indicación alguna para la calidad superficial de las paredes del taladro.

Según las normas correspondientes podemos enunciar la siguiente ley fundamental: los agujeros que, de acuerdo con el tipo de fabricación empleado, sean taladrados en material lleno o punzonados u obtenidos de fundición, no llevarán ningún signo de calidad superficial. Si los agujeros así conseguidos han de ser trabajados posteriormente, por ejemplo mediante afinado, escariado o rectificado, habrá que hacer constar los signos convencionales o las indicaciones escritas correspondientes.

Trazado de los taladros.

La broca ataca primeramente en el centro del agujero al empezar a taladrar y por esta razón se indica siempre la posición de un taladro por medio de su centro que se señala valiéndonos de dos ejes cuya intersección se marca con un granete (fig. 90,2).

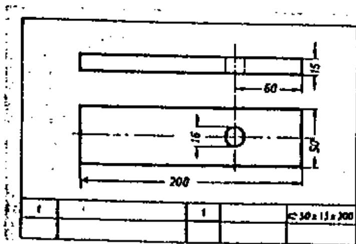
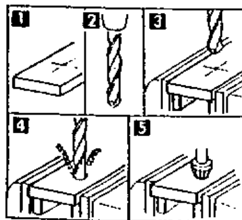


Fig. 90,1. Plano del taller.

Para trabajos de precisión es necesario señalar la circunferencia del taladro y la de comprobación o referencia (véase pág. 96). En este caso que nos ocupa no se señalan para la mordaza en cuestión condiciones especiales de exactitud en cuanto al tamaño y posición del taladro que se ha de practicar, por cuya razón se desiste del trazado de las circunferencias citadas.

Cuando se trata de un gran número de piezas iguales que hayan de proveerse de los mismos taladros, se utilizan, para el trazado, plantillas como se ve en la figura 91,1, pág. 91.



Plan de trabajo.

	Fases de trabajo	Herramientas
1	Trazado	Aguja de trazador, escuadra, compás, granete, martillo
2	Sujeción de la broca	Broca helicoidal ø 16
3	Sujeción de la pieza	Dispositivo de sujeción en la máquina
4	Taladrado del agujero	
5	Desbarbado	Avellanador
Instrumentos de medida: Regla de acero, pie de rey		

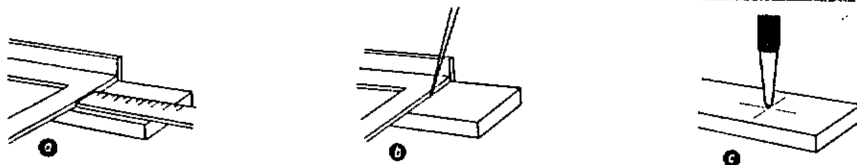


Fig. 90,2. Trazado y marcado con granete en la mordaza. a) Medición; b) trazado; c) marcado con granete.

Taladrado del agujero.

Para taladrar el agujero se escoge una broca helicoidal de acero rápido adecuada para trabajar en acero y de 16 mm de diámetro. Para realizar el trabajo propuesto se presta bien una taladradora de tamaño mediano. Para una velocidad de corte de 22 m/min (T. 89,1) es necesario un número de revoluciones igual a 475 por minuto (fig. 94,3). El avance es de 0,25 mm/rev. Hay que prestar una atención especial, tanto a la sujeción de la broca como a la de la pieza.

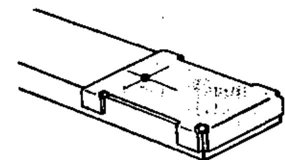


Fig. 91,1. Plantilla para trazar.

Medición del taladro.

En el taladro realizado deberán verificarse el tamaño y la posición. La medición del tamaño del taladro puede realizarse con las puntas dispuestas para esta clase de operaciones en el calibre o con las patas del mismo, convenientemente desplazadas entre sí (fig. 91,3). La medición de la posición del agujero se mide tomando como base la arista a partir de la cual se ha anotado la cota correspondiente en el dibujo (aristas de referencia). La posición del agujero puede medirse de diferentes modos (fig. 91,4). La regla de acero es suficiente en los casos sencillos. Cuando en las piezas sencillas no se haya indicado en el dibujo tolerancia alguna, se guiará uno por las diferencias de medidas admisibles en el taller para las distancias entre centros de agujeros.

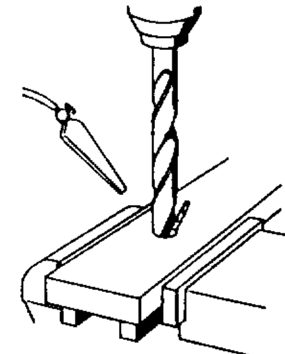


Fig. 91,2. Taladrado de la mordaza de sujeción.

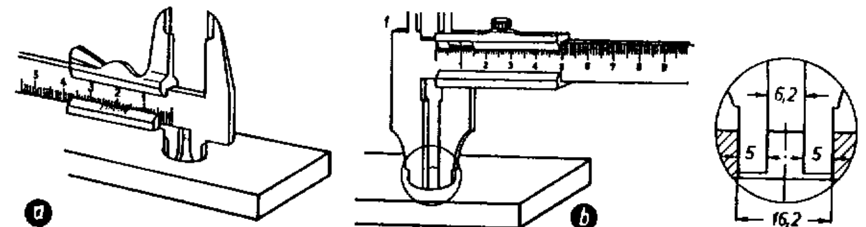


Fig. 91,3. Medición del diámetro del taladro. a) Medición del taladro con las puntas de medir interiores del calibre; lectura = diámetro del taladro; b) medición mediante desplazamiento de las patas hacia afuera; a la medida leída hay que añadirle el grueso de las patas. Ejemplo: lectura 6,2 mm; diámetro del taladro = 6,2 + 2·5 = 16,2 mm.

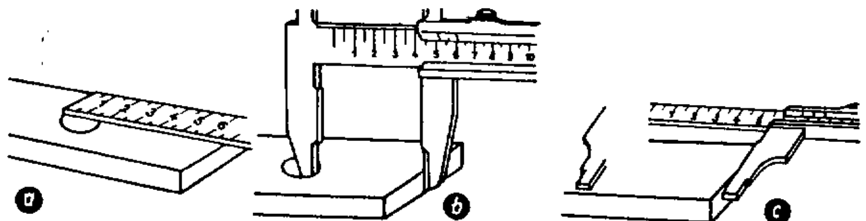


Fig. 91,4. Medición de la posición del agujero. a) Medición con la regla de acero: de la medida que se lea, réstese el radio del taladro; b) medición con los filos de las patas del pie de rey: a la lectura efectuada hay que añadirle el radio; c) medición con pie de rey y espiga auxiliar (broca); hay que restar el radio.

Sujeción de las piezas en la taladradora.

El centro, marcado con granete, del agujero que se quiera taladrar, tiene que hallarse exactamente debajo de la punta de la broca. No se puede conseguir un taladrado vertical si no se parte de un apoyo horizontal y bueno de la pieza. Por esta razón la mesa de taladrar tiene que hallarse libre de virutas y de toda clase de cuerpos extraños (fig. 92,1). Cuando se practican agujeros pasantes puede ser deteriorada la mesa por agujerearla con la broca (figura 92,2). Para evitar esto, la broca, al salir del agujero que ha practicado en la pieza, debe coincidir con un agujero o lumbrera que lleva la mesa, y si la mesa no lo lleva se colocará debajo de la pieza un trozo de madera o piezas paralelepipédicas de igual altura, de modo que dejen entre sí el hueco necesario para alojar la punta de la broca.

Al taladrar se engendran momentos de giro que tienen tendencia a hacer girar la pieza. Estos esfuerzos se hacen especialmente sensibles cuando la punta de la broca sale del taladro. La pieza debe ser asegurada contra ese giro. Cuando se trata de piezas muy grandes, su mismo peso las mantiene fijas. Para sujetar piezas pequeñas se prestan bien unas mordazas como las de la figura 92,3. A veces sirve también un perno o ángulo fijado en las ranuras de la mesa de taladrar para hacer tope. Lo más seguro es sujetar de modo fijo la pieza. Se emplea para ello el tornillo o cabezal de sujeción o la mesa de taladrar (fig. 92,5). Para la sujeción deben elegirse tornillos que ajusten convenientemente (fig. 92,7). Las piezas redondas se apoyan en lo que se llama prisma o pieza uve (fig. 92,6).

Para taladrar una cantidad grande de piezas iguales (piezas en serie) se emplean montajes de taladrar adecuados (fig. 92,8). La pieza se fija en el montaje y la broca es guiada mediante casquillos templados. Como con los montajes se ahorra uno el trazado y el marcado con granete, resulta un ahorro de tiempo.

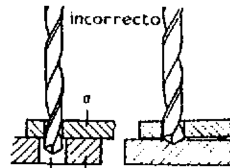
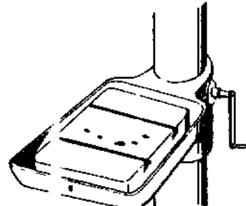
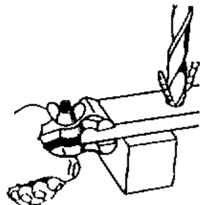
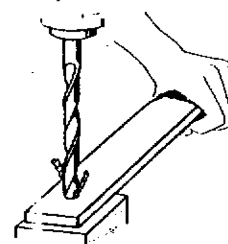
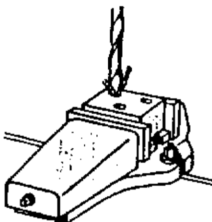


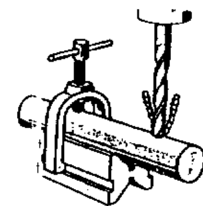
Fig. 92,1. La pieza debe estar dispuesta horizontalmente. a) Pieza; b) mesa de taladrar; c) agujero o lumbrera.


Fig. 92,2. Mesa de taladrar deteriorada por haber sido agujereada con la broca.


Fig. 92,3. Sujeción de piezas pequeñas con unas mordazas de mano.


Fig. 92,4. Sujeción de piezas largas (insegura).


Fig. 92,5. Taladrado valiéndose del tornillo o cabezal de sujeción.


Fig. 92,6. Sujeción en la uve.

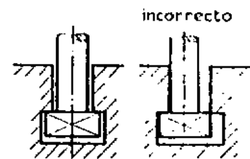
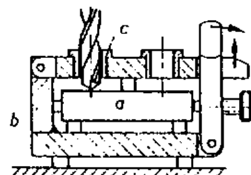


Fig. 92,7. Los tornillos de sujeción deben ajustar convenientemente en las ranuras de sujeción.



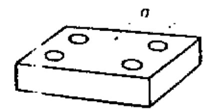


Fig. 92,8. Montaje para taladrar. a) Pieza; b) montaje para taladrar; c) casquillos para guía de la broca.

Normas de trabajo para la operación de taladrar.

Normas de seguridad.

1. Asegurar las piezas contra el giro (lesiones en las manos).
2. No separar las virutas con las manos (lesiones en los dedos); no soplar las pequeñas virutas (lesiones en los ojos). Empléense tenazas o brochas, respectivamente.
3. Los cabellos sueltos y colgantes y mangas o chalecos sueltos pueden ser enganchados por el husillo portaútil.

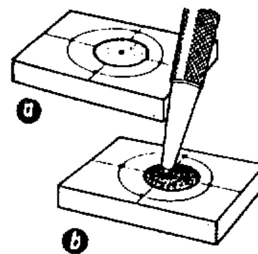


Fig. 93,1.

Fig. 93,1. Al ir a taladrar fijarse bien en el trazado a). Si la broca se desvía hay que volver a granetear el cono del taladro b). Durante el proceso de la operación de taladrar obsérvense la pieza y la broca.

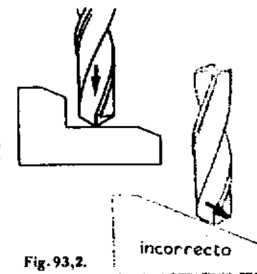


Fig. 93,2.

Fig. 93,2. Al empezar a taladrar una superficie inclinada puede quebrarse la broca.

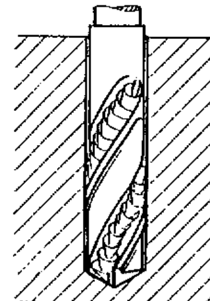

Fig. 93,3.

Fig. 93,3. Las virutas no deben detenerse en las ranuras de la broca; en virtud del aumento de rozamiento puede quebrarse la broca. Cuando se taladran agujeros profundos hay que extraer la broca frecuentemente del taladro para eliminar las virutas.

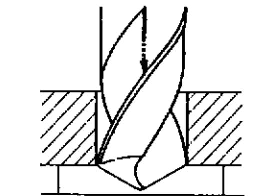

Fig. 93,4.

Fig. 93,4. Al salir la broca del agujero hay que disminuir el avance, pues de lo contrario se hinca y se rompe.

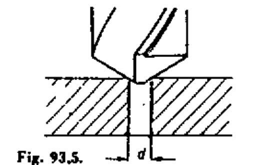


Fig. 93,5.

Fig. 93,5. Los agujeros grandes se hacen en dos veces para disminuir la presión del avance. El taladrado previo debe ser al menos de un diámetro igual a la largura del filo transversal de la broca que se emplee en la segunda pasada.

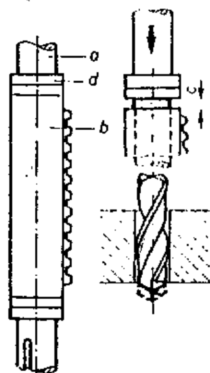


Fig. 93,6.

Fig. 93,6. Entre el husillo portaútil a y el casquillo de arrastre b no debe existir juego axial ninguno c). Al salir la broca puede, en caso contrario, caer el husillo portaútil hacia abajo por su propio peso a causa de la disminución de la presión de avance. Como consecuencia, la broca se hinca y se rompe. El juego se evita actuando sobre la tuerca de anillo d.

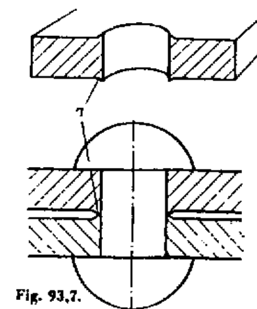

Fig. 93,7.

Fig. 93,7. Al taladrar, se forma en los bordes del taladro una rebaba muy pronunciada que impide el ajuste de las piezas. Aparte de esto, los cantos afilados pueden dar lugar a rasguños. Es decir, que los taladros deben ser desbarbados, empleándose con este fin generalmente el avellanador.

Cálculo del tiempo principal y del tiempo disponible para taladrar.

Cálculo del tiempo principal al taladrar.

El tiempo principal (t) es el tiempo de funcionamiento de la máquina, es decir, el tiempo durante el cual el filo de la broca arranca virutas.

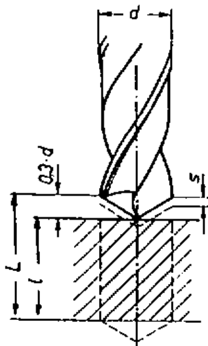


Fig. 94,1. Trayecto de trabajo de la broca.

Notaciones (fig. 94,1).

l = profundidad del agujero.

L = trayecto de trabajo de la broca = profundidad de agujero + + punta de la broca.

$L = l + 0{,}3 \cdot d$

d = diámetro de la broca en mm.

n = número de revoluciones de la broca por minuto.

s = avance de la broca en mm/rev.

avance/minuto = avance/rev · número revol./minuto

avance/minuto = $s \cdot n$

$$\text{tiempo principal} = \frac{\text{trayecto de trabajo}}{\text{avance/min.}} \qquad t_p = \frac{L}{s \cdot n} \text{ en min.}$$

Ejemplo: l = 30 mm; d = 18 mm
s = 0,2 mm/rev; n = 300 rev/min.

$$\text{Solución: } t_p = \frac{L}{s \cdot n} = \frac{35{,}4 \cdot \text{mm}}{0{,}2 \text{ mm} \cdot 300/\text{min}} = 5{,}9 \text{ min.}$$

Cálculo del tiempo disponible al taladrar (véase pág. 45)

Ejemplo Supongamos que se hayan de taladrar en las bridas de la figura 94,2 los agujeros para los tornillos y que queremos determinar lo que hemos llamado tiempo disponible en el caso de que las bridas nos vengan ya marcadas con granete.

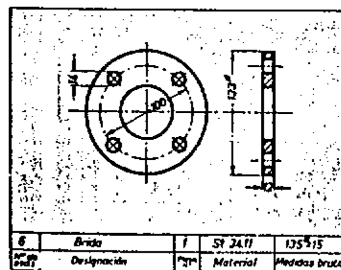


Fig. 94,2. Plano de taler.

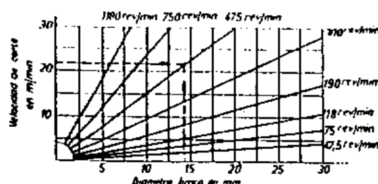


Fig. 94,3. Gráfico de velocidades de corte para una taladradora.

Datos:

Velocidad de corte para taladrar: 22 m/min.
Avance de la broca: 0,2 mm/rev.
Tiempo de preparación: 8 minutos.
Tiempo secundario por agujero: 1 minuto.
Tiempo a prorratear: 12 % de los tiempos principal y secundario.

Solución:

a) Tiempo principal para taladrar un agujero:
$L = l + 0{,}3 \cdot d = 14 \text{ mm} + 0{,}3 \cdot 14 \text{ mm} = 18{,}2 \text{ mm}$
n, de acuerdo con el gráfico de velocidades de corte (fig. 94,3) = 475 rev/min.

$$t_p = \frac{L}{s \cdot n} = \frac{18{,}2 \text{ mm}}{0{,}2 \text{ mm} \cdot 475 \text{ rev/min}} = 0{,}19 \text{ min.}$$

b) Tiempo de cumplimentación del encargo de hacer 24 taladros, o sea, tiempo disponible:

Tiempo principal: 0,19 min. · 24	= 4,56 min.
Tiempo secundario: 1 min. · 24	= 24 min.
	28,56 min.
Tiempo a prorratear: 12 % de los tiempos principal y secundario (12 % de 28,56)	= 4,03 min.
	32,59 min.
Tiempo de preparación	= 8 min.
Tiempo disponible	40,59 min.

BARRENADO, PENETRADO Y AVELLANADO *

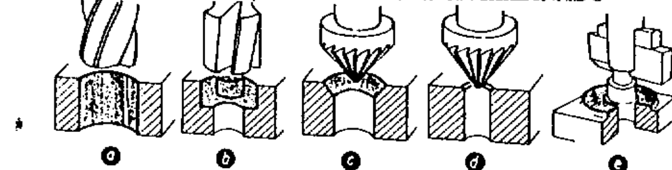


Fig. 95,1. Algunos ejemplos de barrenado, penetrado y avellanado. a) Barrenado de un agujero previamente taladrado; b) cajera cilíndrica para alojar, por ejemplo, un tornillo cilíndrico; c) avellanamiento para alojar, por ejemplo, tornillos o roblones avellanados; d) desbarbado de taladros; e) refrentado de superficies de apoyo.

Por medio del barrenado o del penetrado con herramientas de penetrar adecuadas al objeto perseguido, se vuelven a trabajar agujeros previamente taladrados o dejados de fundición (fig. 95,1).

Los penetradores son útiles de desbastar y tienen varios filos. Los filos arrancan virutas a la pieza en virtud de los movimientos de giro y de avance que son generalmente promovidos por la taladradora.

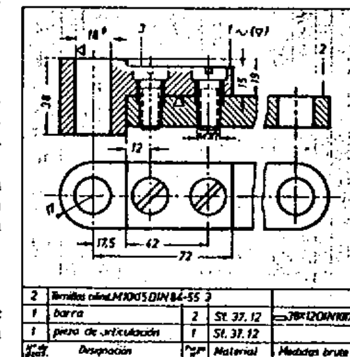


Fig. 95,2. Plano de taller.

Ejemplo de trabajo.

Trabajo encargado: Proveer de un agujero pasante (⌀ 18) y de taladros para tornillos cilíndricos a la pieza de articulación de la figura 95,2.

La superficie de apoyo para la barra de llanta de acero está ya trabajada. El agujero pasante va señalado con un signo de desbastado. Como la exactitud que puede conseguirse con una broca helicoidal no es suficiente, el agujero debe ser previamente taladrado y después barrenado o penetrado con un penetrador o barrena de espiral.

Plan de trabajo.

	Fases del trabajo	Herramientas
1	Trazado	Punta de trazador, gramil, escuadra
2	Taladrado previo del agujero pasante	Broca helicoidal ⌀ 16
3	Barrenado o penetrado del agujero pasante	Penetrador de espiral ⌀ 18
4	Taladrado de los agujeros para el núcleo de la rosca	Broca helicoidal ⌀ 8,4
5	Penetrado de los alojamientos para la cabeza del tornillo	Penetrador de cabeza
6	Penetrado de los alojamientos para el cuello del tornillo	Penetrador de cuello
7	Ejecución de la rosca[1]	Macho de roscar
Instrumentos de medida: regla de acero, pie de rey, calibre profundidades		

[1] En este ejemplo prescindiremos de la ejecución de la rosca.

* *N. del T.:* Algunos autores llaman *barrenado* a la operación de aumentar el diámetro de un agujero por medio de una herramienta de una sola punta, efectuándolo de una manera similar al torneado simple; esta operación se denomina en muchos talleres «cilindrado interior». El *penetrado* suele definirse como operación cuyo objeto es profundizar los agujeros ya empezados o terminar agujeros que se han hecho ya de manera previa o que se han dejado de fundición, así como practicar alojamientos para las cabezas de los tornillos (cajeras o avellanamientos). La palabra alemana «Senkungen» que emplea el autor, tiene un significado general que abarca un poco de todas esas operaciones que en español comprendemos con los nombres de barrenado, penetrado y avellanado. La operación de alisar o tornear interiormente se llama también *mandrilado*, y la de ejecutar alojamientos o avellanados, así como la de desbarbar las aristas del agujero, abocardado.

Taladrado y penetrado.

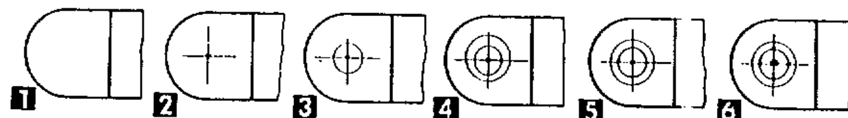


Fig. 96,1. Sucesión de operaciones en el trazado del agujero: 1, trazado de ejes; 2, marcado del punto de intersección con granete; 3, marcado de la circunferencia del taladro; 4, trazado de la circunferencia de comprobación; 5, marcado de la circunferencia del taladro con granetazos de comprobación; 6, repaso del centro con broca de marcar.

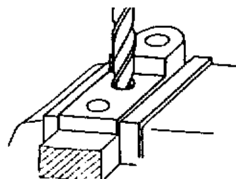


Fig. 96,2. Sujeción, taladrado y penetrado de la pieza.

Trazado. La pieza de articulación se prepara para el trazado pintándola con blanco de España. Los ejes para los taladros pueden trazarse sobre el mármol de trazador. Para que se pongan de manifiesto las desviaciones de la broca es necesario para el taladro de Ø 18 trazar las circunferencias del taladro y de comprobación (figura 96,1). Después de taladrar no deben verse sino las mitades exteriores de las marcas hechas con el granete. Para los agujeros de los tornillos no es necesario el trazado de las circunferencias.

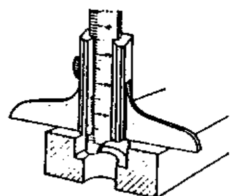


Fig. 96,3. Medición de la profundidad de la cajera practicada.

Taladrado y penetrado. Se sujetan ambas piezas juntas en el tornillo, o cabezal de sujeción, disponiéndolas teniendo en cuenta la superficie trabajada (figura 96,2). El número de revoluciones y el avance se ajustan del modo conocido.

Para taladrar el agujero pasante, previamente taladrado, hay que elegir un penetrador de la medida definitiva (ø 18), puesto que el agujero así terminado debe corresponder a la dimensión final exigida. Respecto a velocidad de corte y avance véase T 97,1.

Al hacer los taladros y los penetrados para los tornillos cilíndricos hay que seguir el orden de sucesión de operaciones especificado en el plan de trabajo. Si, por ejemplo, se realizara primeramente el penetrado con el penetrador de cuello, la espiga o gorrón del penetrador de cabeza no tendría guía ya que el penetrador de la cabeza y el de la espiga tienen el mismo diámetro para la espiga. Al ejecutar el penetrado puede graduarse la profundidad del mismo gracias al tope existente en la taladradora.

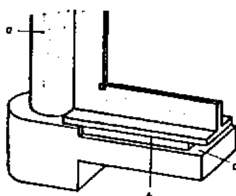


Fig. 96,4. Verificación de la perpendicularidad del taladro respecto a la superficie de apoyo. *a*) Espiga; *b*) pieza paralela o calibre normal de caras paralelas; *c*) superficie de apoyo.

Medición y verificación de taladros y alojamientos. Los diámetros pueden medirse con el pie de rey y la profundidad de las cajeras o alojamientos practicados, con el calibre de profundidades (fig. 96,3). A veces basta comprobar esas profundidades por medio de los mismos tornillos cilíndricos que han de ir en la pieza. La verticalidad del taladro se verifica por medio de la escuadra y de la espiga de verificación que se traduce en el taladro (figura 96,4). Entre esta espiga y la escuadra no debe verse ninguna rendija de luz.

No se exigen condiciones especiales respecto a la calidad de la superficie de agujeros practicados con brocas helicoidales. Las paredes de los agujeros barrenados o penetrados responden a la calidad de desbastado. Hay que tener esto en cuenta al verificar la naturaleza o constitución de las superficies.

Penetrado o barrenado. *

Penetrado o barrenado con barrena o penetrador de espiral. Para taladrar agujeros previamente taladrados o dejados de fundición se emplean barrenas o penetradores de espiral. Tanto la consecución de la medida deseada como la calidad de la superficie resultan mejores con esta segunda pasada que ejecutando el taladro en el material lleno. Una barrena de espiral es en su forma exterior parecida a una broca helicoidal, pero carece de punta (fig. 97,1). Por medio de tres o cuatro filos y otras tantas fajas de guía helicoidales se consigue un trabajo silencioso y se reducen las posibles desviaciones en el taladro. Las herramientas de tres filos son de una pieza. Las barrenas grandes tienen generalmente tres filos y se insertan generalmente en una espiga (fig. 97,1). Existen barrenas que están *debajo de la medida* y otras que son para *medida definitiva*. Con las primeras se barrenan agujeros que han de ser todavía escariados, mientras que con las segundas se consigue la medida final deseada. Las barrenas deben trabajar con movimiento rigurosamente concéntrico. Las normas fundamentales apuntadas al hablar de la fijación de las brocas son también aplicables a las barrenas. La pieza a trabajar debe, igualmente, estar bien sujeta. Generalmente en una sola sujeción de la pieza se taladra y se da la segunda pasada con la barrena. Para esta segunda operación se deja, por lo general, una sobremedida de 2 mm; por ejemplo, se hace el taladrado previo a 18 mm de diámetro y el barrenado subsiguiente a 20 mm de diámetro. Respecto a avances y velocidades de corte, véase T. 97,1; para la refrigeración vale todo lo dicho en la operación de taladrado.

T. 97,1. Velocidades de corte (v) y avances (s) para barrenas de espiral

Material	Barrena de espiral			
	Acero de herramientas		Acero rápido	
	v m/min	s mm/rev.	v m/min	mm/rev.
Fundición gris Resistencia de 12 ... 18 kg/mm	8—12	0,1—0,4	20—30	0,15—0,7
Fundición gris Resistencia de 18 ... 30 kg/mm	3—6	0,1—0,4	15—20	0,1—0,4
Acero con resistencia hasta los 50 kg/mm	12—14	0,1—0,3	20—35	0,1—0,65
Acero con resistencia comprendida entre 50 y 70 kg/mm	8—10	0,1—0,3	20—30	0,1—0,55

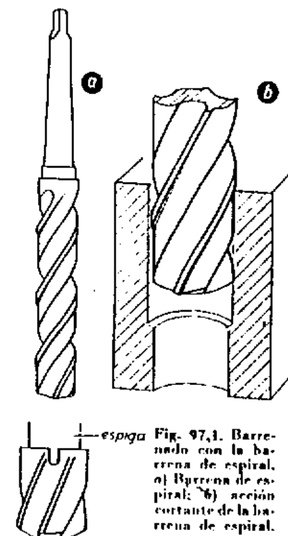


Fig. 97,1. Barrenado con la barrena de espiral. *a*) Barrena de espiral; *b*) acción cortante de la barrena de espiral.

Las barrenas de espiral no solamente sirven para dar una segunda pasada a taladros menores ya hechos, sino que se emplean, además, para suprimir los defectos que puedan existir en cuanto a la dirección del eje. Cuando el eje del taladro previamente realizado no coincide con el eje deseado, la barrena puede desviarse en virtud de la desigual resistencia que encuentran los filos. Para limitar la desviación, lo que se hace es barrenar repetidas veces con diámetros diferentes.

Barrenado con barrenas de punta. Este tipo de barrenas (avellanadores) se emplea para la consecución de penetrados cónicos (fig. 97,2). La magnitud del ángulo de la punta varía según el objeto perseguido con la operación, por ejemplo para desbarbar se le da una amplitud de 60°, para roblones avellanados, de 75° o de 90° y para tornillos avellanados, de 90°.

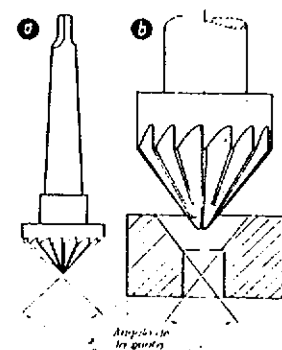


Fig. 97,2. Barrenados con avellanador. *a*) Avellanador; *b*) modo de trabajar el avellanador.

* *N. del T.* En el caso a que se refiere el autor en este epígrafe al emplear la palabra Senken, creemos oportuno indicar las expresiones *penetrado o barrenado*, ya que de ambos modos es llamada en nuestros talleres y por los autores de habla española la operación a que se alude.

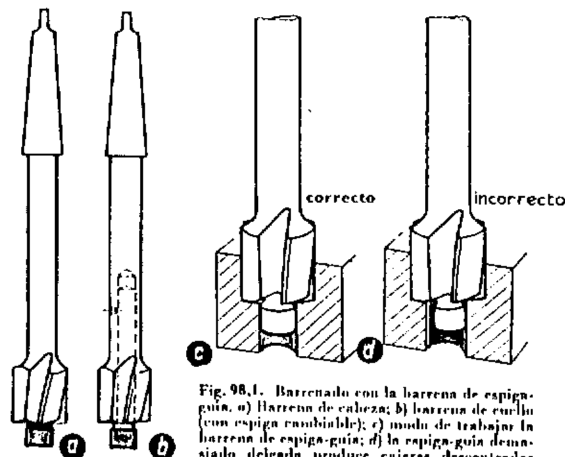


Fig. 98,1. Barrenado con la barrena de espiga-guía. a) Barrena de cabeza; b) barrena de cuello (con espiga cambiable); c) modo de trabajar la barrena de espiga-guía; d) la espiga-guía demasiado delgada produce cajeras descentradas (defectuoso).

Barrenado con barrenas de espiga. Las barrenas de espiga o gorrón se emplean para practicar cajeras cilíndricas (fig. 98,1). Estas herramientas cortan por la superficie frontal. La espiga sirve para guía dentro del taladro. Para barrenar estos rebajos para los tornillos cilíndricos (fig. 98,2) se utilizan barrenas para cabeza y cuello en diversos tamaños (T. 98,1). Las barrenas con espiga-guía recambiable permiten ser afiladas más fácilmente que las barrenas corrientes de espiga fija y pueden utilizarse para taladros de distinto tamaño. Para refrentar superficies de apoyo se presta bien la cuchilla plana de la figura 98,3. En la operación del barrenado hay que procurar que la espiga esté bien engrasada, pues en caso contrario se formarían rayas en el taladro.

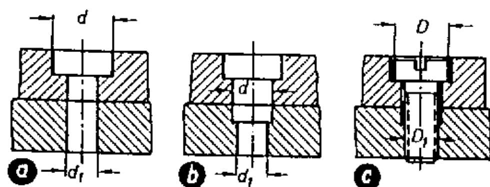


Fig. 98,2. Orden de operaciones durante la ejecución de rebajos para tornillos cilíndricos. a) Taladrar el agujero para el núcleo d_1 de la rosca y barrenar el rebajo d para la cabeza del tornillo; b) barrenar el rebajo d para el cuello del tornillo; c) ejecución de la rosca.

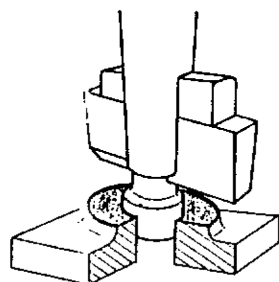


Fig. 98,3. Cuchilla plana para refrentado de cubos y tetones.

T. 98,1. Medidas de barrenas para cabeza y para cuello en mm

Rosca	Tornillo cilíndrico		Barrena de cabeza		Barrena de cuello	
	Diámetro de la cabeza D	Diámetro del perno D_1	Barrena d	Espiga del agujero para núcleo d_1	Barrena d	Espiga de guía d_1
M 3	5,5	3	5,55	2,4	3,05	2,4
M 3,5	6	3,5	6,05	2,8	3,55	2,8
M 4	7	4	7,05	3,2	4,05	3,2
M 4,5	8	4,5	8,05	3,6	4,55	3,6
M 5	9	5	9,1	4,1	5,1	4,1
M 5,5	9	5,5	9,1	4,4	5,6	4,4
M 6	10	6	10,1	4,8	6,1	4,8
M 7	12	7	12,1	5,8	7,1	5,8
M 8	13	8	13,15	6,5	8,15	6,5
M 9	14	9	14,15	7,5	9,15	7,5
M 10	16	10	16,15	8,2	10,15	8,2

EJECUCIÓN DE TALADROS PASANTES EN LA TALADRADORA VERTICAL

Los taladros pasantes se utilizan principalmente para alojar pernos, árboles, casquillos, etc. Se exigen determinadas condiciones en cuanto a exactitud de medidas y a calidad superficial. La tolerancia admisible se indica sobre el dibujo, generalmente por medio de una *designación abreviada de ajuste*, y la calidad superficial por medio del *signo de superficie* correspondiente.

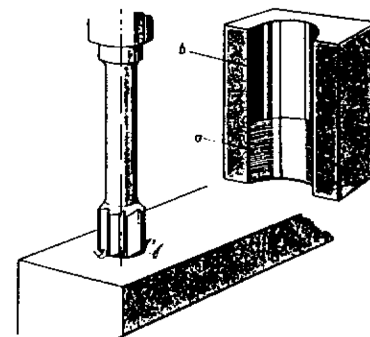


Fig. 99,1. Trabajo de escariado realizado con la taladradora vertical. a) Taladrado; b) escariado.

Los taladros ejecutados con la broca helicoidal no son lisos ni responden a las medidas deseadas, no satisfaciendo, por tanto, a las condiciones que se exigen para un taladro pasante. Con objeto de conseguir un taladro que responda a las medidas deseadas y con superficies lisas en las paredes, hay que recurrir al escariado (fig. 99,1). Como herramienta para ello se utiliza el escariador. Esta herramienta va provista de dientes en la periferia y se introduce en los agujeros hechos previamente mediante taladrado y barrenado. Como consecuencia de los movimientos de rotación y de avance, los dientes arrancan virutas finas. El escariado es un trabajo de afinado.

Ejemplo de trabajo.

Trabajo encargado: Hacer dos taladros pasantes paralelos en la tapa de carcasa de la figura 99,2. En cuanto a la calidad de la superficie, se indica en el plano el signo de afinado. El signo H7 es un signo de ajuste. * La superficie de apoyo inferior ha sido ya trabajada con la fresadora. Al mismo tiempo hay que trabajar las dos caras frontales de los cubos, refrentándolas.

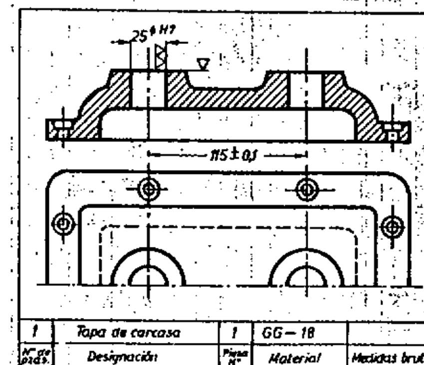
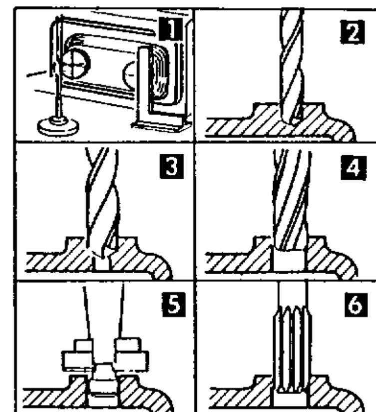


Fig. 99,2. Plano de taller.

Plan de trabajo.

	Fases del trabajo	Herramientas
1	Trazado	Gramil, compás
2	Taladrado previo	Broca helicoidal ø 9
3	Segunda pasada de broca	Broca helicoidal ø 23
4	Penetrado	Penetrador de espiral ø 24,7 (medida inferior a la de acabado)
5	Refrentado de los tetones de los taladros	Cuchilla de refrentar
6	Escariado	Escariador para máquina ø 25 H7
Instrumentos de medida y verificación: Pie de rey, calibre para agujeros, calibres normales de caras paralelas.		



* *N. del T.:* Véase Schneider, W.: *Manual práctico de Dibujo Técnico.* Ed. Reverté, S. A., 1956, págs. 221 a 231.

Después de verificar las medidas en bruto se trazan los taladros.

Para proceder al taladrado se sujeta la tapa de carcasa sobre la mesa de una taladradora radial. Las fases de trabajo señaladas en el plan de trabajo (véase pág. 99) con los números 2 ... 6 se realizan sucesivamente en ambos taladros.

Medición y verificación de taladros.

Para que se puedan utilizar los taladros es necesario que cumplan las necesarias condiciones de calidad de superficie y de exactitud de medidas. La *calidad superficial* de las paredes del taladro se juzga a simple vista. Por lo que respecta a *exactitud de dimensiones*, hay que comprobar:

1. *Diámetro y forma de taladros.* Los taladros pueden ser, por ejemplo, demasiado pequeños, demasiado grandes, no circulares y no cilíndricos (fig. 100,1).
2. *Posición de los taladros.* Aquí se trata de determinar la distancia entre centros, el paralelismo de taladros y la posición de la superficie de apoyo (fig. 2,3).
3. *Altura de la superficie de los tetones.* Para medirla se pueden emplear el pie de rey o el calibre de profundidades.

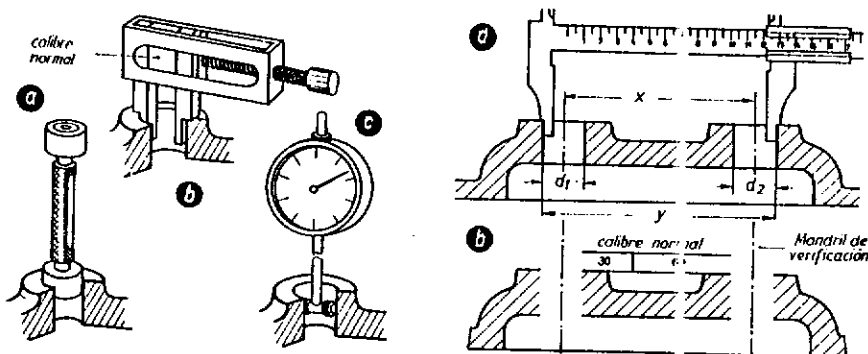
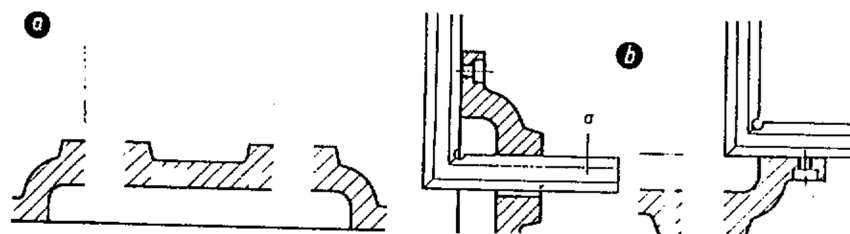


Fig. 100,1. (izquierda). El diámetro y la forma de los taladros pueden verificarse de distintos modos. *a)* Verificación con calibre para agujeros o calibre macho 25 H7; *b)* verificación con calibres normales de caras paralelas; *c)* verificación con el calibre indicador.

Fig. 100,2. (derecha). Verificación de la distancia entre centros. *a)* Medición de la distancia entre centros por medio del pie de rey. Ejemplo: $d_1 = 25$ mm, $d_2 = 25$ mm, $y = 140,1$ mm; se trata de buscar *x*. *Solución:* $x = y - (d_1/2 + d_2/2) = 140,1 - (25/2 + 25/2) = 115,1$ mm; *b)* verificación valiéndose de mandriles o espigas de verificación.



a = Escuadra

Fig. 100,3. Verificación del paralelismo y de la perpendicularidad. *a)* Verificación del paralelismo: determinación de las medidas y_1 e y_2 con pies de rey o pálmer o de las medidas y_2 e y_1 con calibres normales de caras paralelas; *b)* verificación de la perpendicularidad de la superficie de apoyo por medio de la escuadra o, más exactamente, por medio de espiga, o mandril de verificación, y escuadra.

Escariadores.

Clases de escariadores y modo de trabajar. Los escariadores se hacen de acero de herramientas no aleado o aleado. A veces se ponen dientes o filos de metal duro. Según el modo de usarse la herramienta se distingue entre escariadores de mano y escariadores de máquina (fig. 101,1). Los largos dientes de que van provistos los *escariadores de mano* hacen que vayan bien guiados. Los escariadores de máquina tienen filos más cortos. Para sujetarlos en la máquina se utiliza un mango cilíndrico o cónico. Los grandes taladros se realizan con *escariadores* huecos o de casco.

La parte anterior, algo apuntada, de los dientes se llama «entrada». Esta primera parte del escariador permite su fácil introducción en el taladro y come el exceso de material dejado al taladrar o barrenar.

La longitud de esa parte que hemos llamado «entrada» es diferente de unos escariadores a otros. En los escariadores de máquina se elige, cuando se trata de agujeros ciegos y materiales tenaces y blandos, una entrada corta y cuando el material es duro, una entrada más larga. La parte que hace de guía inmediata a la entrada sirve para alisar la pared del agujero. Esa parte tiene un trozo corto que es cilíndrico, con diámetro ligeramente decreciente hacia el mango.

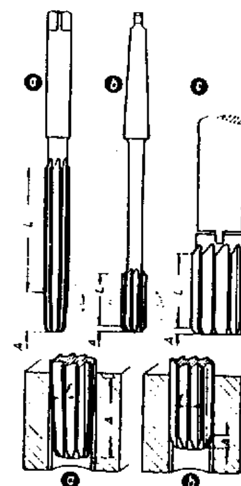


Fig. 101,1. Escariadores. *a)* El escariador de mano tiene dientes largos y una entrada larga (*A*); *b)* los escariadores de máquina tienen dientes cortos y entrada corta (*A*); *c)* escariador hueco o de casco.

Los dientes van aplicados por medio de un estrecho chaflán o faja de guía a la pared del taladro y, por lo general, son rectos. Cuando se trata de escariar un taladro provisto de chavetero es fácil que los dientes, si son rectos, se enganchen en los bordes de la ranura y por esta razon se emplea en ese caso un escariador de dientes helicoidales (fig. 101,2). Con objeto de que el escariador no se atasque en el taladro, las ranuras helicoidales tienen un sentido opuesto al del movimiento.

Para poder medir bien el diámetro, los escariadores van provistos de un número par de dientes, pero su distribución es irregular con objeto de evitar en el escariado la formación de rayas (figura 101,3). Si la distribución fuera regular, cada diente trabajaría siempre en el mismo sitio que el anterior.

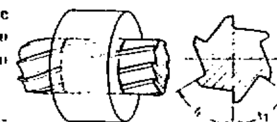


Fig. 101,2. (izquierda). Escariador con ranuras helicoidales.

Fig. 101,3. (derecha). Distribución de dientes en los escariadores.

Después de un uso prolongado se desgastan los dientes de modo que los taladros con ellos escariados no mantienen ya las medidas deseadas. Los escariadores regulables pueden ser ajustados nuevamente (figs. 101,4,5). Después de ello, los filos pueden afilarse cilíndricamente y repasarse con una piedra de aceite. Es recomendable escariar un taladro como ensayo con el escariador recién ajustado.

Además de los escariadores cilíndricos hay también escariadores cónicos (fig. 102,1) que sirven para escariar conos huecos.

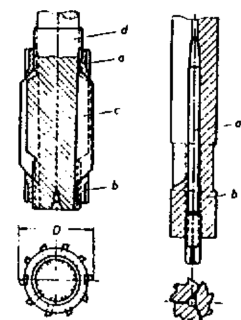


Fig. 101,4. (abajo a la izquierda). Escariadores de máquinas regulables. *a)* y *b)* Tuercas; *c)* cuchillas; *d)* cuerpo del escariador. Para ajustar el escariador hay que aflojar la tuerca *a)* y apretar la *b)*.

Fig. 101,5. (abajo a la derecha). Escariadores de mano regulables. *a)* Tornillo de expansión; *b)* cuerpo del escariador.

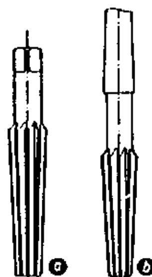


Fig. 102,1. Escariadores cónicos. a) Escariador cónico de mano; b) escariador cónico de máquina.

Escariado en la taladradora vertical. Con objeto de que el escariador tenga en las paredes del taladro suficiente material para arrancar, el agujero se taladra previamente, o se barrena, a un diámetro inferior al diámetro final del agujero en el valor del exceso para el escariado (T. 102,1). Cuando para el escariado se hace el taladro previo con la broca helicoidal hay que tener en cuenta el juego (o exceso de medida) a que da lugar la broca (T. 84,1, pág. 84).

Ejemplo: Se trata de escariar un agujero de diámetro igual a 12 mm en una pieza de acero blando. ¿Qué diámetro de broca habremos de emplear?

Solución: Exceso que se deja para el escariado, según T. 102,1. 0,2 mm
Juego que queda al taladrar según T. 84,1 . . . . 0,2 mm
Ø broca = medida final — (exceso + juego)
Ø broca = 12 mm — (0,2 mm + 0,2 mm) = ... 11,6 mm

La superficie de la pieza en que se practica el agujero ha de ser plana. Si el borde del agujero presenta melladuras, puede engancharse en ellas el escariador. Antes de proceder al escariado hay que eliminar del agujero las virutas.

Al colocar el escariador en la máquina hay que atender a que quede firmemente sujeto y a que su movimiento sea concéntrico. La pieza a trabajar debe, del mismo modo, estar bien sujeta. Por lo general, en una misma sujeción de la pieza se procede al taladrado, al penetrado y al escariado. Con esto se consigue una buena alineación de los ejes. Cuando no ocurre esto, se forma en la boca de entrada del escariador un ensanchamiento cónico (fig. 102,2). Por medio de un casquillo pendular se compensan las pequeñas diferencias que pudieran existir en cuanto a la alineación de los ejes, evitándose el ensanchamiento de la boca antes citado.

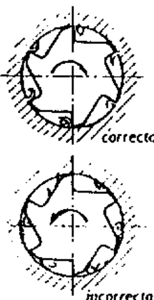


Fig. 102,3. El escariador no debe girar nunca hacia la izquierda.

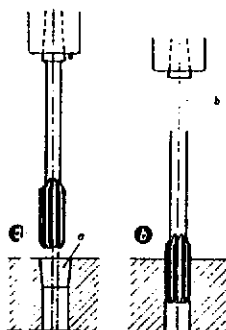


Fig. 102,2. Escariado haciendo uso de la taladradora. a) Taladro con ensanchamiento en la boca (ejes no alineados); b) el casquillo pendular evita el ensanchamiento en la boca.

La velocidad de corte, el avance y la lubricación (T. 102,2) tienen influencia sobre la calidad superficial de la pared del agujero. Cuando en el escariador el paso de la entrada a su parte cilíndrica no está redondeado, puede quedar señalado el avance por medio de rayas en la pared del agujero. Los escariadores no deben nunca girar a la izquierda (fig. 102,3), pues de hacerlo, las virutas que quedan oprimidas rayarían la pared del taladro y además pondrían romperse los dientes. Los escariadores deben guardarse en cajas de madera.

T. 102,1. Excesos para el escariado

Diámetro del agujero ya terminado de escariar, en mm	Exceso que se deja para el escariado, en mm
Por debajo de 5	0,1 ... 0,2
5 20	0,2 ... 0,3
21 50	0,3 ... 0,5
Por encima de 50	0,5 ... 1
Para metales ligeros el exceso que se deja se elige un 50 % mayor.	

T. 102,2. Velocidad de corte (v), avance (s) y refrigeración para el escariado

Material	v para escariadores de		s para taladros de Ø 6 ... Ø 60
	acero de herramientas	acero rápido	
Acero, bronce Fundición	3 ... 4	4 ... 5	0,3 ... 0,75 0,5 ... 2
Aluminio Aleac. aluminio	12 ... 17 6 ... [illegible]	17 ... 20 9 ... 12	0,5 ... 2
Aleac. magnesio	... [illegible]0	... 30	
Refrigeración. Acero: taladrina o aceite de colza; fundición: en seco; aluminio: líquido saponáceo alcohólico.			

EJECUCIÓN DE TALADROS QUE SE CRUZAN HACIENDO USO DE LA MÁQUINA HORIZONTAL DE TALADRAR

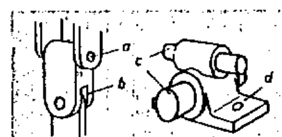


Fig. 103,1. Ejemplos de taladros que se cruzan. a) Pasador; b) pieza de articulación; c) árboles; d) soporte.

Los taladros dispuestos en cruz sin cortarse sirven a menudo para alojar en ellos pasadores o árboles que guardan entre sí esa posición relativa (fig. 103,1).

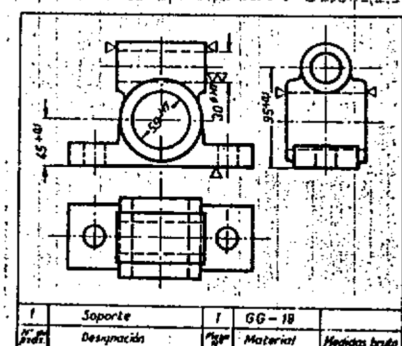


Fig. 103,2. Plano de taller.

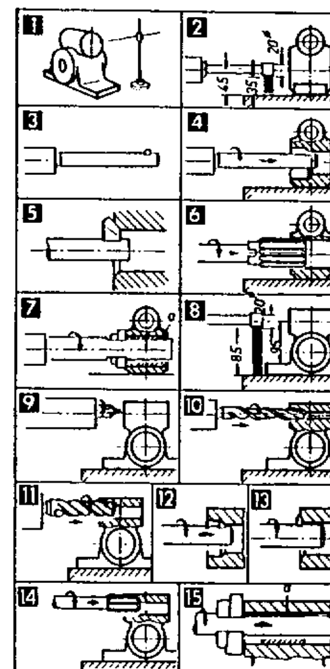
Ejemplo de trabajo.

Trabajo encargado: Practíquense los taladros de Ø 55 y de Ø 30 del soporte que aparece en la figura 103,2, refrentando además las superficies frontales.

El taladro inferior está dejado de fundición y el superior hay que taladrarlo en el material lleno. La pieza se suministra con la superficie de asiento ya mecanizada. Se dispone para el trabajo de una taladradora horizontal con mesa de trabajo desplazable.

Plan de trabajo.

	Fases del trabajo	Herramientas
1	Trazado	Escuadra, gramil
2	Colocación adecuada y sujeción de la pieza, disposición del husillo de taladrar sobre el centro del taladro	Calibres paralelos normales; espiga de ajuste de Ø 20
3	Sujeción de la barra de barrenar	Barra de barrenar al aire de Ø 32
4	Barrenado para escariar dejando el taladro a Ø 54,7	Barra de barrenar
5	Achaflanado para escariar	Barra de barrenar
6	Escariado del taladro	Escariador de casco Ø 55 H7
7	Refrentado de caras frontales	Barra de barrenar con cuchilla de aplanar
8	Para taladrar el agujero de Ø 30 gírese la mesa en 90°, ajústese el husillo de taladrar al centro del taladro	Calibres normales de caras paralelas, espiga de ajuste
9	Centrado	Broca de centrar o de marcar
10	Taladrado previo	Brocas helicoidales de Ø 10 y de Ø 25
11	Penetrado con penetrador de espiral	Penetrador de espiral Ø 28
12	Taladrado previo de Ø 29,7 para el escariado posterior	Barra de barrenar
13	Achaflanado para escariar	Barra de barrenar
14	Escariado del taladro	Escariador de máquina Ø 30, H7
15	Refrentado caras frontales	Barra de barrenar provista de cuchilla de aplanar; casquillo int.
Instrumentos de medida y verificación: Pie de rey, calibres de tolerancias, amplificador de esfera, calibres normales de caras paralelas, escuadra.		



El husillo de taladrar puede ajustarse sobre el centro del taladro con ayuda de calibres normales de caras paralelas y de mandril de verificación. El mandril está templado y rectificado. El mango cónico de esta espiga se introduce en el cono hueco del husillo de taladrar. El carro se sube o baja hasta que los calibres normales puedan deslizarse entre la mesa y el mandril de verificación. A veces van dispuestas en las máquinas unas reglas graduadas que facilitan el ajuste.

El mango cónico de la barra de barrenar se introduce a tope dentro del alojamiento del husillo de taladrar. Este husillo realiza los movimientos principal y de avance. En los taladros largos puede también darse lugar al avance por medio de desplazamiento de la mesa. El espesor de viruta se regula por medio del tornillo de ajuste de la barra de barrenar. Con objeto de que esta barra no flexe al realizar el aplanado de las superficies frontales, se apoya en un casquillo intermedio.

Medición y verificación de taladros.

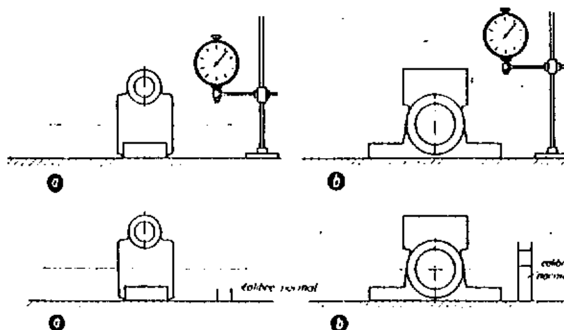


Fig. 104,1. Verificación del paralelismo de los agujeros y de la superficie de apoyo por medio del amplificador de esfera. a) Verificación del taladro inferior; b) verificación del taladro superior.

Fig. 104,2. Verificación del paralelismo de los agujeros y de la superficie de apoyo por medio de calibres normales de caras paralelas. a) Verificación del taladro inferior; b) verificación del taladro superior.

1. *Verificación del diámetro de los taladros.* La verificación puede realizarse con calibres cilíndricos o machos.
2. *Verificación del paralelismo de los taladros con la superficie de apoyo* (fig. 104, 1,2). Se coloca el soporte sobre el mármol. En los taladros se introduce el mandril de verificación. Para la verificación se pueden utilizar amplificador de esfera o también calibres normales de caras paralelas.
3. *Verificación de las distancias de los centros* (fig. 104,3).

Ejemplo Supongamos que la cota $h_1 = 17{,}55$ mm y la $h_2 = 80{,}03$ mm (determinadas con calibres normales), $D = 55$ mm, $d = 30$ mm.

Solución Las distancias de los centros H_1 y H_2 se determinan por cálculo.

$$H_1 = h_1 + \frac{D}{2} = 17{,}55 \text{ mm} + 27{,}5 \text{ mm} = 45{,}05 \text{ mm}$$

$$H_2 = h_2 + \frac{d}{2} \doteq 80{,}03 \text{ mm} + 15 \text{ mm} = 95{,}03 \text{ mm}$$

Ambas distancias se hallan dentro de la tolerancia admisible.

4. *Comprobación de la posición en cruz de los dos taladros* (fig. 104,4). Para realizar esta variación, se necesitan mandriles o espigas de verificación, un bloque o caja de forma de paralelepípedo recto rectangular y una escuadra.

El bloque paralelepipédico se ajusta contra el mandril inferior. La verificación con la escuadra o el cartabón se realiza por el procedimiento de la rendija de luz.

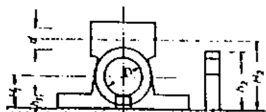


Fig. 104,3. Comprobación de las cotas de los centros de agujero.

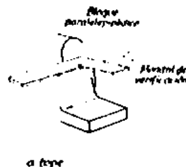


Fig. 104,4. Comprobación de la posición cruzada en ángulo recto de los taladros.

MECANIZADO DE CASQUILLOS O MANGUITOS

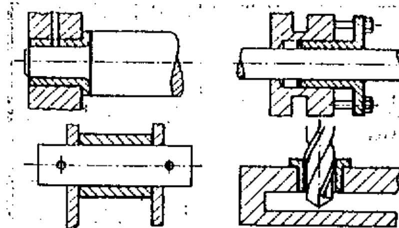


Fig. 105,1. Ejemplos de casquillos. a) Cojinete; b) prensaestopas (para hacer cierre en varillas de válvula, vástagos de émbolo, etc.); c) casquillo como pieza de distancia; d) casquillo de guía de la broca.

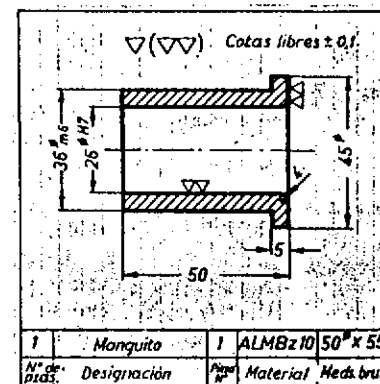


Fig. 105,2. Plano de taller.

Los casquillos se utilizan, por ejemplo, en forma de cojinetes, prensaestopas, piezas de distancia y guías de broca (fig. 105,1).

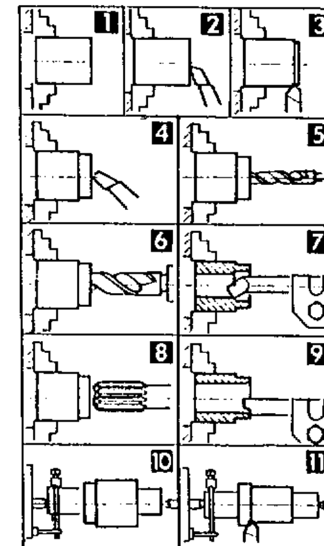
Ejemplo de trabajo.

Trabajo encargado Mecanizado de un cojinete (fig. 105,2).

Los cojinetes sirven para soportar árboles y ejes. Entre las superficies de contacto del árbol que gira y del agujero existe rozamiento. Para hacer este rozamiento tan pequeño como sea posible se recurre a hacer que las superficies en contacto sean muy lisas, al empleo de materiales adecuados para los casquillos y a una buena lubricación. El material del cojinete debe ser más blando que el del árbol, ya que resulta más fácil recambiar el cojinete cuando se haya inutilizado, que poner un árbol nuevo. Los materiales adecuados son la fundición (cualidades de deslizamiento pequeñas), el bronce rojo, bronce y metal antifricción (buenas propiedades de deslizamiento). El metal antifricción se emplea para tornear el casquillo por colada. Frecuentemente se utilizan también materiales sintéticos para preparar cojinetes.

Plan de trabajo.

	Fases del trabajo	Herramientas
1	Sujeción de la pieza	Plato de tres mordazas
2	Refrentado de la cara frontal	Útil de corte lateral
3	Desbastado a ø 45,5	Útil de desbastar
4	Centrado	Útil de corte lateral o broca de centrado
5	Taladrado previo	Broca helicoidal ø 10
6	2.º taladrado	Broca helicoidal ø 22
7	Cilindrado interior a ø 25,8	Útil para torneado interior
8	Escariado	Escariado ø 26, H7
9	Torneado de redondeamiento	Útil de forma
10	Sujeción del casquillo en el mandril para tornear	Mandril para tornear
11	Tornear a ø 35 y a ø 45 y a las longitudes pedidas	Útil de desbastar, de afinar y de corte lateral
12	Desbastar	Útil de mano
Instrumentos de medida y de verificación: calibres de tolerancias, pie de rey, calibre de redondeamiento.		



Mecanizado del cojinete.

Después del 2.º taladrado hay que tornear el agujero con el útil para cilindrados interiores, ya que la broca helicoidal no nos daría un agujero completamente liso. El casquillo debe ser terminado de tornear sobre el mandril con objeto de que coincidan los ejes de los cilindros exterior e interior.

Taladrado al torno.

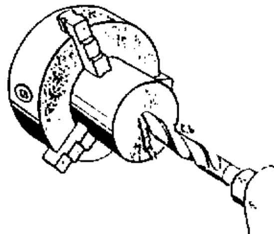


Fig. 106,1. Taladrado en el torno con broca helicoidal.

En el torno se pueden taladrar agujeros en el material lleno, se pueden cilindrar interiormente agujeros previamente taladrados, o sea, barrenar o penetrar, se puede ejecutar el avellanado y se puede escariar. Los taladros se suelen realizar por lo general en combinación con otros trabajos de torno.

Taladrado en el material lleno. Como herramienta para taladrar se emplea de ordinario la broca helicoidal.

La pieza a trabajar hay que sujetarla bien firmemente para que no se desplace como consecuencia del empuje axial del avance. Antes de proceder al taladrado hay que refrentar la superficie correspondiente y hacer el centrado (fig. 106,1). Si el centrado es defectuoso, la broca se desvía.

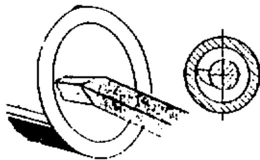


Fig. 106,2. (izquierda). Torneado interior con el útil de cilindrar interiormente.
Fig. 106,3. (derecha). El útil de cilindrar interiormente ha de disponerse ajustado al centro.

La broca o el cabezal de taladrar se introducen en el alojamiento cónico de la pínula del cabezal móvil del torno.

El número de revoluciones de la pieza se elige en relación con la velocidad de corte. El avance se actúa a mano, desplazando el cabezal móvil por medio de un volante. La broca debe sacarse frecuentemente del agujero para extraer la viruta. Hay que cuidar de que la refrigeración sea buena.

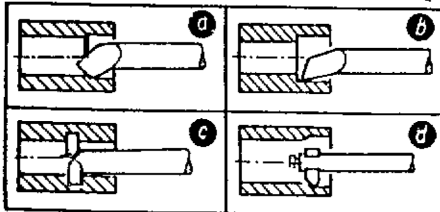


Fig. 106,4. Útiles de cilindrar interiormente. a) Útil para desbastar interiormente; b) útil de corte lateral para torneado interior; c) útil de gancho; d) barra o eje de taladrar provisto de cuchilla postiza.

Torneado interior de taladros. Como herramienta para este trabajo se emplean útiles de cilindrar interiormente o también barras o ejes de taladrar o barrenar provistos de cuchillas postizas (figs. 106, 2, 4).

Al sujetar el útil de cilindrar interiormente se dispone el corte a la altura del centrado (fig. 106,3). En el torneado interior tanto el avance como el espesor de viruta se mantienen más reducidos que en el torneado exterior, pues de lo contrario, el útil flexaría fuertemente.

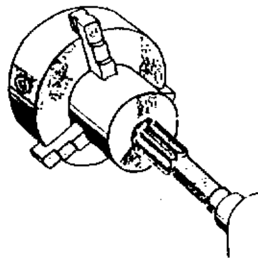


Fig. 106,5. Escariado en el torno.

Escariado en el torno (fig. 106,5). Se emplean escariadores de máquina con cuchillas fuertes y regulables. El mango cónico del escariador se introduce en el alojamiento, también cónico, de la pínula del cabezal móvil. La pieza que se mecaniza y el escariador tienen que tener los ejes coincidentes para que no se produzca una pieza con ensanchamiento cónico a la entrada. Para compensar pequeñas inexactitudes en la coincidencia de ejes se utiliza un manguito pendular.

El agujero hay que taladrarlo previamente teniendo en cuenta el exceso correspondiente para el escariado. Se debe tener cuidado en que la velocidad de corte, el avance, la refrigeración y la lubrificación sean las correctas (T. 102,2). El avance se acciona a mano, debiéndose avanzar uniformemente el cabezal móvil para que la superficie de la pared del agujero resulte con la calidad deseada.

Medición y verificación.

Medición con el calibre micrométrico de profundidades (fig. 107,1).

El calibre micrométrico de profundidades se utiliza cuando el calibre ordinario de profundidades no resulta suficiente. Con el primero se pueden apreciar 1/100 mm.

Para efectuar una medición se apoya el puente sobre la superficie de la pieza y se gira el manguito exterior hasta que la varilla de medición haga tope con la segunda superficie. Entonces se acciona sobre la palanquita de fijación, se saca de la pieza el calibre y se hace la lectura. Hay que hacer observar que en este calibre las cifras del manguito interior aumentan de derecha a izquierda.

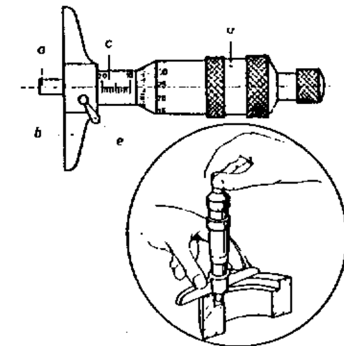


Fig. 107,1. Calibre de profundidades. a) Varilla de medición; b) puente; c) manguito interior; d) manguito exterior; e) palanca de fijación.

Medición con el calibre micrométrico de interiores (fig. 107,2).

Ambos extremos del calibre micrométrico de interiores tienen las superficies de medida de forma semiesférica. Existen calibres de distintos tamaños para alcances de medición de 35 ... 400 mm. La exactitud de la lectura es de 1/100 mm. Para usarlo se coloca el calibre normalmente a la pared del agujero, se mantiene fijo en la parte inferior y se mueve alargándolo lentamente por arriba hasta que no resulte posible moverlo más. Se saca entonces del taladro y se hace la lectura.

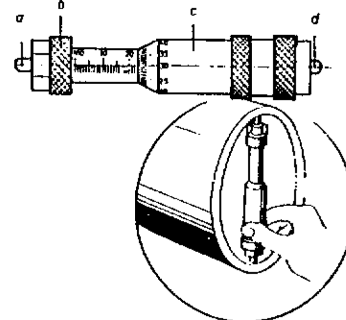


Fig. 107,2. Calibre micrométrico de interiores. a) Copete; b) tuerca de fijación; c) manguito exterior; d) varilla de palpación.

Verificación de taladros con amplificador de esfera.

El amplificador de esfera va provisto de una cabeza de medición que lleva a su vez un perno fijo de palpación y otro perno móvil. El movimiento del perno de palpación es transmitido a la varilla palpadora del amplificador. Para usar este instrumento hay que ajustarlo a una determinada medida para lo cual se utiliza un pálmer o un calibre de anillo (fig. 107,3). Con esto se pone el indicador a cero. Al introducir el instrumento, así ajustado, dentro del taladro, el desplazamiento del índice nos indicará la discrepancia con la medida a que se había ajustado.

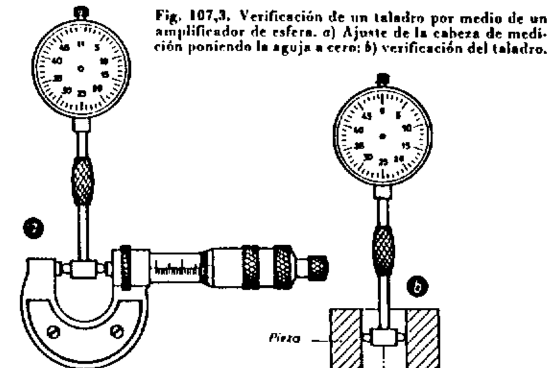


Fig. 107,3. Verificación de un taladro por medio de un amplificador de esfera. a) Ajuste de la cabeza de medición poniendo la aguja a cero; b) verificación del taladro.

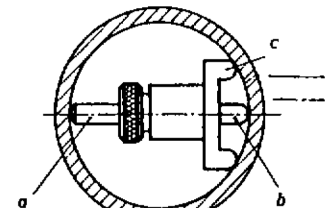


Fig. 107,4. Cabeza de medición. a) Perno palpador fijo; b) perno palpador móvil; c) puente de apoyo.

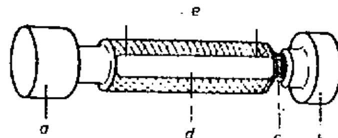


Fig. 108,1. Calibre de tolerancia macho o para interiores. a) Lado bueno (lado de «pasa»); b) lado malo (lado de «no pasa»); c) anillo colorado en rojo; d) medida de ajuste; e) diferencias.

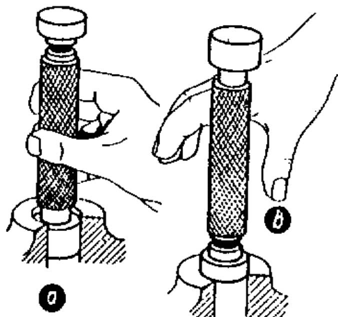


Fig. 108,2. Verificación con calibre de tolerancia macho. a) El lado bueno tiene que poderse introducir sin dificultad; b) el lado malo debe únicamente empezar a encajar.

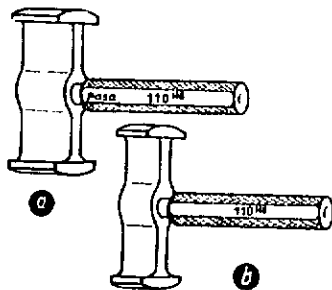


Fig. 108,3. Calibres de tolerancia planos para interiores desde 100 hasta 200 mm de diámetro. a) Lado bueno o lado de «pasa»; b) lado malo, o lado de «no pasa».

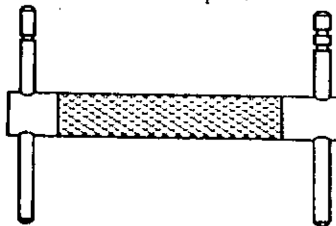


Fig. 108,4. Calibre de tolerancia esférico para interiores de taladros por encima de los 200 mm de diámetro.

Verificación de taladros con calibres de tolerancia para interiores.

Los calibres de tolerancia para interiores (fig. 108,1) tienen, correspondiéndose con las medidas máxima y mínima, dos extremos, uno llamado lado bueno o lado de «pasa» y otro llamado lado malo o lado de «no pasa». El lado bueno debe poderse introducir suavemente y sin dificultad en el taladro. El lado malo es mayor en el valor de la tolerancia y no debe poder entrar en el taladro sino, a todo lo más, empezar ligeramente a encajar (fig. 108,2).

Calibre de tolerancia plano para interiores (fig. 108,3). Se usan como los calibres machos cilíndricos. Para determinar si el agujero no es cilíndrico hay que aplicarlo sucesivamente en diversas posturas.

El **calibre de tolerancia esférico para interiores** (fig. 108,4), se emplea aplicado al extremo inferior en el agujero y tratando de hacer oscilar el superior en la dirección del taladro (fig. 108,5).

Indicaciones sobre la verificación con calibres de tolerancia machos.

1. Límpiese el taladro y las superficies correspondientes del calibre untándolas ligeramente con vaselina.
2. Introducir el calibre macho en dirección recta y no dejarlo metido en el agujero.
3. El calibre macho y la pieza han de tener la misma temperatura.

El uso de calibres machos fríos para verificar piezas calentadas puede tener consecuencias especialmente funestas que se ponen de manifiesto tan pronto como se deja el calibre un instante dentro del taladro. En este caso, no deberá procederse a sacar el calibre a fuerza de martillazos, sino que hay que utilizar con mucha precaución una prensa de husillo y, según los casos, después de haber vuelto a calentar la pieza en cuestión.

4. Para el caso de verificación de taladros ciegos habrá que emplear un calibre macho provisto de una ranura o de un taladro, pues en caso contrario no podría salir el aire, comprimido en el agujero por medio del calibre.

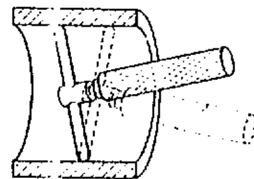


Fig. 108,5. Si el calibre de tolerancia esférico puede hacerse oscilar por el lado de «no pasa», será señal de que el agujero es demasiado grande.

3. MECANIZADO DE PIEZAS CÓNICAS

Los conos son cuerpos de revolución cuyas generatrices rectas se cortan en un punto. En los talleres es corriente llamar también conos a los troncos de cono. Las piezas con cono lleno o corpóreo y con cono hueco o cavidad cónica (fig. 109,1) se emplean con los fines más diversos, por ejemplo, para afianzar y para taponar (fig. 109,2).

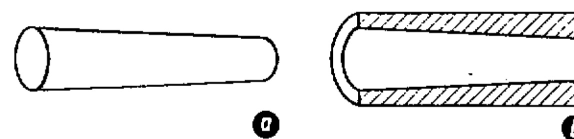


Fig. 109,1. Clases de conos. a) Cuerpo cónico; b) cavidad cónica.

Los conos más usuales están normalizados. * También están fijas las denominaciones en el cono (figs. 109,3 ... 6).

Fig. 109,2. (derecha). Ejemplos de piezas provistas de conos. a) Embrague cónico; b) tornillo avellanado; c) punta de granete; d) grifo.

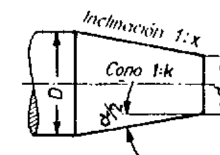


Fig. 109,3. Designaciones en el cono. D = diámetro mayor del cono; d = diámetro menor del cono; l = longitud del cono; $1:k$ = conicidad o cono; $1:x$ = inclinación; $\alpha/2$ = ángulo de ajuste.

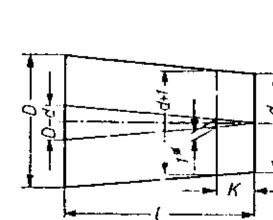


Fig. 109,4. *Cono o conicidad* $(D - d) : l$ simplificado a la forma $1 : k$. Cono, o conicidad, $1 : k$ significa que en una longitud de k mm el diámetro del cono varía 1 mm.

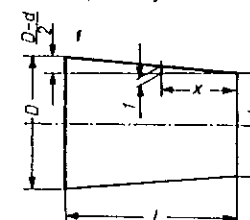


Fig. 109,5. *Inclinación* $(D/2 - d/2) : l$ simplificado a la forma $1 : x$. Inclinación $1 : x$ significa que en una longitud de x mm el radio del cono varía 1 mm.

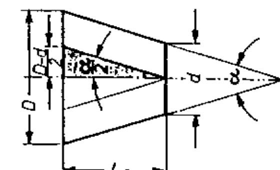


Fig. 109,6. *Ángulo de ajuste* Se utiliza para ajustar el carrito superior. La tangente (tg) del ángulo de ajuste es $\operatorname{tg} \alpha/2 = (D/2 - d/2) : l$; α es el ángulo del cono.

Ejemplo: $D = 50$ mm, $d = 45$ mm, $l = 50$ mm.

Sea, calcular: a) cono $1 : k$, b) inclinación $1 : x$, c) ángulo de ajuste $\alpha/2$.

Solución: a) Cono. $(D - d) : l = 1 : k$; $(50 - 45) : 50 = 1 : 10$, es decir, que en una longitud de 10 mm el diámetro varía 1 mm.

b) Inclinación $\frac{D - d}{2} : l = \frac{50 - 45}{2} : 50 = 1 : 20$

c) Ángulo de ajuste. $\operatorname{tg} \alpha/2 = \frac{D - d}{2\,l} = \frac{50 - 45}{2 \cdot 50} = 0{,}05$;

a 0,05 corresponde según la tabla de tangentes un ángulo de 5° 44′.

* Véase JÜTZ-SCHARKUS: Stoff — Zahl — Form. Tabellen für des Metallgewerbe (Material — Número — Forma. Tablas para la industria metalúrgica). Brunswick 1954, pág. 70.

Torneado de conos.

Los cuerpos de revolución de forma cónica pueden ser obtenidos por distintos procedimientos.

Torneado de conos con el carro superior (fig. 110,1).

El carro superior ha de desplazarse en la dirección de la generatriz del cono *. El procedimiento se presta para el mecanizado de conos delgados y truncados. Como el avance ha de ser accionado a mano, puede resultar poco limpia la superficie de la pieza. El camino lateral del carro es limitado y por esta razón no se puede, por lo general, tornear sino conos cortos.

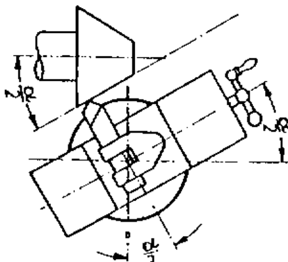


Fig. 110,1. Torneado de un cono con el carro superior.

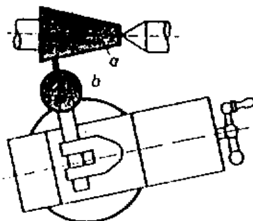


Fig. 110,2. Ajuste según muestra. a) Muestra; b) amplificador de esfera.

Ajuste del carro superior con ayuda del limbo graduado (fig. 110,1). El carro superior se hace girar a partir de su posición cero en el valor del ángulo de ajuste y se fija con el tornillo correspondiente.

Ajuste del carro superior con ayuda de un modelo (figura 110,2). Como muestra o modelo puede servir, por ejemplo, un calibre macho cónico. En el portaherramientas se sujeta un amplificador de esfera que toque con su varilla exploradora la superficie lateral de la pieza colocada como modelo. Al mover el carro superior, convenientemente desplazado, a lo largo de la generatriz del modelo, la aguja del amplificador no deberá acusar desviación alguna.

Torneado de conos con desplazamiento de la punta del cabezal móvil (fig. 110,4).

La pieza se coloca entre puntas. Si la punta del cabezal móvil está desplazada lateralmente respecto al centro, al moverse el carro portaherramientas longitudinalmente, da lugar a una forma cónica (figs. 110,3,4). El desplazamiento de la punta del cabezal móvil no debe ser superior a 1/50 de la longitud de la pieza, ya que en caso contrario las puntas tendrían una posición muy forzada (fig. 110,5). Por esta razón no se emplea el procedimiento nada más que para tornear conos largos y estrechos. Tiene la ventaja de que se puede trabajar con el movimiento del avance automático.

Cálculo del desplazamiento V. Hay que distinguir dos casos:

a) La distancia entre puntos L coincide con la longitud l del cono (esto sucede pocas veces) (fig. 110,3).

b) La longitud l del cono es más corta que la separación L entre puntas (fig. 110,4).

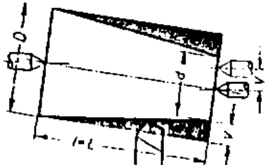


Fig. 110,3. Longitud del cono igual a la separación entre puntas. $V = \frac{D - d}{2}$

Ejemplo $D = 60$ mm, $d = 56$ mm

$$V = \frac{D - d}{2} = \frac{60 - 56}{2} = 2 \text{ mm}$$

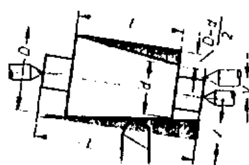


Fig. 110,4. Longitud del cono menor que la distancia entre puntas. $V = \frac{D - d}{2 \cdot l} \cdot L$

Ejemplo $D = 50$, $d = 47$, $l = 100$, $L = 200$

$$V = \frac{D - d}{2 \cdot l} \cdot L = \frac{50 - 47}{2 \cdot 100} \cdot 200 = 3 \text{ mm}$$

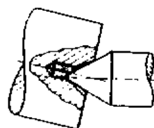


Fig. 110,5. Cuando el desplazamiento del cabezal móvil es muy grande, la posición de la punta resulta muy forzada.

* *N. del T.:* Más exacto sería decir que el carro ha de desplazarse paralelamente a la dirección de una de las generatrices horizontales del cono.

Torneado cónico con ayuda de la regla de guía.

Con la regla de guía de que van provistos algunos tornos se pueden tornear cuerpos cónicos y cavidades cónicas hasta un ángulo de ajuste de 10° empleando el avance automático (fig. 111,1).

La regla de guía puede oscilar alrededor de un perno. Mediante una biela de tracción y un brazo o caballete se une el carrillo a la bancada del torno. El carro de bancada o principal se mueve longitudinalmente. La regla de guía situada en posición oblicua obliga entonces al carro transversal a realizar al mismo tiempo un movimiento en dirección transversal y para que pueda tener lugar este movimiento hay que independizar el husillo que da lugar ordinariamente a ese movimiento transversal. Para ajustar el espesor de viruta se gira el carro superior en 90°.

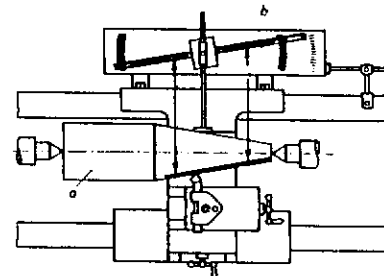


Fig. 111,1. Torneado cónico con regla de guía. a) Pieza a tornear; b) regla de guía.

Ajuste de la regla de guía. Sobre el carro del dispositivo para torneado cónico se halla un arco graduado. La regla se ajusta de acuerdo con el ángulo de ajuste y se fija en esa posición por medio de dos tornillos.

Normas de trabajo para el torneado cónico.

1. Colóquese el filo del útil de tornear exactamente a la altura de las puntas, pues de lo contrario el cono no resultará correcto, aun cuando sea exacta la posición del carro superior, del cabezal móvil o de la regla de guía.
2. Cuando se tornea un cono con el carro superior entre puntas, éstas deben tener los ejes exactamente coincidentes, pues en caso contrario y aunque el carro superior esté correctamente ajustado, el cono resultante no saldrá exacto.
3. Cuando haya que tornear diversas piezas cónicas iguales con la punta del cabezal móvil desplazada, habrán de ser iguales la longitud de las piezas y la profundidad de las puntas de centrado.
4. Cuando se usa la regla de guía hay que atender a que el engrase de las partes móviles sea bueno.

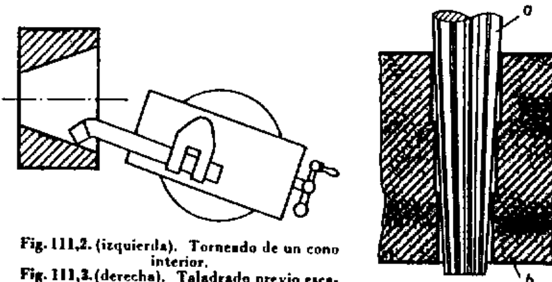


Fig. 111,2. (izquierda). Torneado de un cono interior.
Fig. 111,3. (derecha). Taladrado previo escalonado en el caso de grandes cavidades cónicas. a) Escariador cónico; b) pieza.

Mecanizado de cavidades cónicas.

Para tornear cavidades cónicas se emplean útiles para torneado interior o barras de tornear. Las cavidades cónicas pueden conseguirse también por medio de escariadores cónicos. Cuando se trata de grandes conos llevaría mucho tiempo el arranque del material. Por este motivo el taladro se tornea previamente en forma cónica o se taladra previamente en forma escalonada (figura 111,3). Los escalones deben estar calibrados de tal forma que el escariador trabaje con uniformidad y que después del escariado desaparezcan por completo las partes taladradas previamente. Los conos pequeños y largos no se hacen por taladrado previo en escalones.

MECANIZADO DE CONTRAPUNTAS

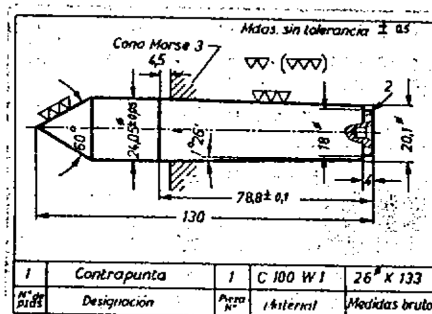


Fig. 112,1. Plano de taller.

Ejemplo de trabajo.

Trabajo encargado Mecanizado de una contrapunta (fig. 112,1).

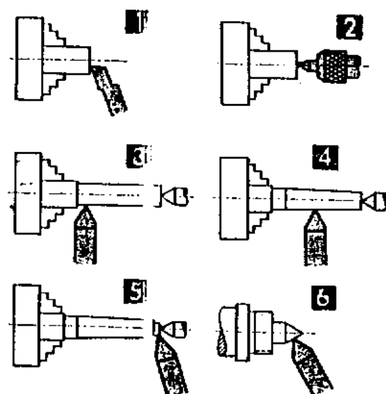
La observación que se ve en el plano «Cotas sin tolerancia ± 0,5» significa que para las cotas en que no se especifica la tolerancia (cotas libres) hay que considerar como aceptable una tolerancia de ± 0,5 mm.

Como material para la contrapunta está prescrito el C 100 W 1. Esta designación quiere decir acero de herramientas * con 1% de C y calidad 1.

Al mecanizar contrapuntas hay que tener en cuenta, sobre todo, además del buen ajuste del cono Morse, la coincidencia del eje de la punta con el del mango cónico. Por esta razón, para tornear la punta se introduce el mango cónico en el alojamiento cónico del husillo de trabajo, en caso necesario utilizando un casquillo intermedio.

Plan de trabajo.

	Fases del trabajo	Herramientas
1	Torneado de la pieza a su longitud debida	Útil de corte lateral
2	Centrado de uno de los extremos	Broca de centrar de ⌀ 2
3	Torneados previo y final a ⌀ 24,05	Útil de desbastar y útil de afinar
4	Torneado previo y final del cono Morse	Útiles de desbastar y de afinar
5	Torneado a ⌀ 18 y torneado del redondeamiento	Útil de afinar y útil de mano
6	Torneado previo y final de la punta	Útiles de desbastar y de afinar
7	Templar la punta y rectificar	
Instrumentos de medida y de verificación: Regla metálica, calibre micrométrico, calibre de redondeamientos, transportador universal, calibre casquillo Morse 3.		



Medición y verificación de la contrapunta.

El diámetro y la longitud se miden con el calibre micrométrico (pálmer) o con el pie de rey. La punta cónica puede medirse con el goniómetro (fig. 112,2). Para verificar el mango cónico se emplea un casquillo Morse 3 (fig. 112,3).

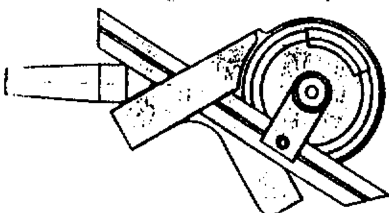


Fig. 112,2. Medición con el goniómetro universal.

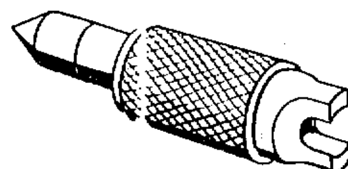


Fig. 112,3. Verificación con el casquillo cónico.

* *N. del T.:* La letra W es inicial de la palabra alemana *Werkzeugstahl* = acero de herramientas.

Medición y verificación de ángulos.

Se entiende por ángulo la diferencia de direcciones u orientaciones de dos rectas o dos planos (fig. 113,1). La magnitud de esa diferencia de direcciones se mide por comparación con la unidad angular llamada «grado» (fig. 113,2).

1 grado (1°) = 60 minutos (60′)
1 minuto (1′) = 60 segundos (60″)
Un ángulo recto tiene 90°.

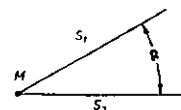


Fig. 113,1. El ángulo α es la diferencia de direcciones de S_1 y S_2. M es el vértice, S_1 y S_2 los lados.



Fig. 113,2. Un grado (1°) es la 360ma parte del doble de un ángulo llano. *

En agrimensura se emplea la división en 400° (división centesimal) en lugar de la división en 360° (división sexagesimal).

1 grado centesimal (1^g) = 100 minutos centesimales (100^c)
1 minuto centesimal (1^c) = 100 segundos centesimales (100^{cc})
La magnitud de un ángulo recto es de 100° centesimales (100^g).

Instrumentos fijos para verificación de ángulos.

En el taller es lo más corriente usar magnitudes angulares fijas, por ejemplo, 30°, 45°, 60°, 90°, 120°, 135°.

Para verificar y trazar ángulos rectos se utiliza la escuadra (fig. 113,3). Con objeto de poder satisfacer las distintas condiciones de precisión exigidas, existen escuadras de 4 grados de precisión: las llamadas escuadras de cabello (Haarwinkel), las escuadras normales, las de taller del n.º I y las de taller del n.º II.

Fig. 113,3. De las tres posibilidades de verificación, los ángulos R_1 y R_2 son más exactos que los R_3 y R_4.

La exactitud de las escuadras debe ser vigilada con regularidad. El aparato de verificación de escuadras (fig. 113,4) hace posible la comprobación exacta de escuadras de un modo muy sencillo. Para esta operación se coloca la escuadra con uno de sus lados adaptado contra la espiga cilíndrica de modo que no se vea entre ellos rendija alguna de luz. La espiga se fija en esta posición mediante tornillos dispuestos a este efecto. Si al colocar ahora la escuadra al otro lado de la espiga se aprecia una rendija en forma de cuña, ésta corresponderá al doble del defecto que tenga la escuadra que se ensaya. Para esta verificación puede también procederse por comparación con una escuadra correcta (fig. 113,5).

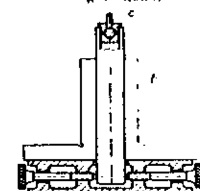


Fig. 113,4. Instrumento para comprobación de ángulos: *a*) Placa de base; *b*) espiga; *c*) articulación de rótula; *d*) tornillos graduables.

Fig. 113,5. Comprobación de una escuadra por medio de otra que se sabe correcta. *a*) Escuadra de comparación; *b*) escuadra a comprobar.

Al utilizar la escuadra debe tenerse cuidado de no ladearla (fig. 113,6). Otras plantillas con ángulos fijos empleadas corrientemente son la de 120° (ángulos de un hexágono) y la de inglete o de 135°. ** Para la verificación de piezas en ángulo se emplean también plantillas conformadas según esos ángulos (figs. 113,7 ... 9).

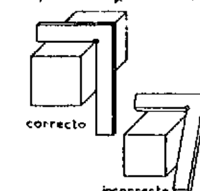


Fig. 113,6. Verificación empleando la escuadra.

Fig. 113,7. Verificación con la plantilla de 120°.

Fig. 113,8. Verificación con la plantilla de 135°.

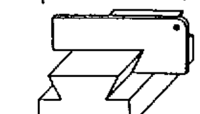


Fig. 113,9. Verificación, con plantilla, de un ángulo dado.

* *N. del T.:* En castellano no existe nombre con que designar al ángulo «completo» descrito por una recta cuando girando alrededor de uno de sus puntos (vértice) vuelve otro punto situado sobre ella a coincidir con su posición de partida después de describirnos una circunferencia. Existe, en cambio, la designación de «ángulo llano» con que se designa al ángulo formado por dos rectas que están una a continuación de otra después de haber descrito la mitad del giro *completo* antes expresado. En alemán, la palabra «Vollwinkel» o sea «ángulo completo» designa un ángulo de 360°.

** *N. del T.:* Hay autores, como SERRAT y BONASTRE, en su *Tecnología Mecánica*, que llaman a estas plantillas con el nombre de escuadras, y así dicen: escuadra de 120° o escuadra de 135°, etc. A nosotros nos parece más propio reservar el nombre de escuadra para las plantillas constituidas por dos lados que forman ángulo recto, llamando a las demás «plantillas de 120°», plantilla de 135°, etc., ya que el concepto «*escuadra*» presupone en el lenguaje vulgar y también en el técnico, la idea de «ángulo recto», y así se dice corrientemente de dos cosas que forman entre sí ángulo recto, que están a escuadra, y de dos que forman ángulo diferente del recto, que están a «falsa escuadra».

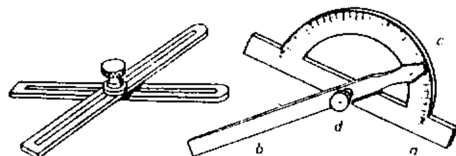


Fig. 114,1. (izquierda). Falsa escuadra universal.
Fig. 114,2. (derecha). Transportador ordinario. *a*) Lado fijo con escala graduada; *b*) lado móvil; *d*) tornillo de fijación.

Instrumentos graduables para verificar y medir ángulos

La falsa escuadra (fig. 114,1) tiene lados movibles y se utiliza para transportar y comparar ángulos cualesquiera.

Para realizar la medición numérica de la magnitud de un ángulo se utilizan instrumentos llamados transportadores análogos al anterior, pero provistos de un arco de circunferencia dividido en grados.

El transportador simple u ordinario (fig. 114,2) hace posible la lectura de grados enteros. En los buenos transportadores se pueden apreciar incluso cuartos de grado.

El manejo del instrumento exige alguna atención. Si, por ejemplo, se aplica la pieza sobre el lado izquierdo del lado móvil del transportador (fig. 114,3), hay que restar de 180° el valor leído para obtener el valor del ángulo que se mide.

El transportador universal o goniómetro (fig. 114,4) está fabricado para dar una mayor precisión en las medidas que el transportador simple y tiene muchas más aplicaciones que éste.

Por medio de una escala auxiliar (*nonio* o también *vernier*) se aumenta la exactitud de la lectura a 5 minutos. El lado móvil del instrumento puede adaptarse para cualquier ángulo. La división principal está dividida en 4 cuadrantes de 90°.

El nonio abarca 23° a derecha e izquierda del punto cero. Estos 23 grados están divididos en 12 partes iguales. Cada parte vale, por lo tanto, $\frac{23}{12} = 1\,\frac{11°}{12}$. Cuando, por ejemplo, coincide el punto cero del nonio con el punto cero de la división principal, se tiene entre el trazo 1 del nonio y el trazo inmediato de la escala principal una diferencia de $\frac{1°}{12} = 5'$; por esta razón pueden apreciarse con este instrumento ángulos de 5'.

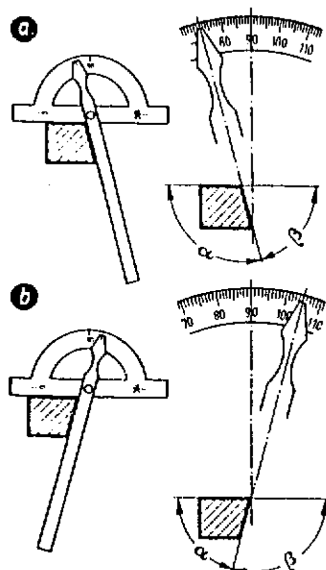


Fig. 114,3. Medición con el transportador ordinario. *a*) Valor leído ∢ $\beta = 72°$, ∢ $\alpha = 180 - 72° = 108°$; *b*) valor leído ∢ $\beta = 105°$, ∢ $\alpha = 180 - 105 = 75°$.

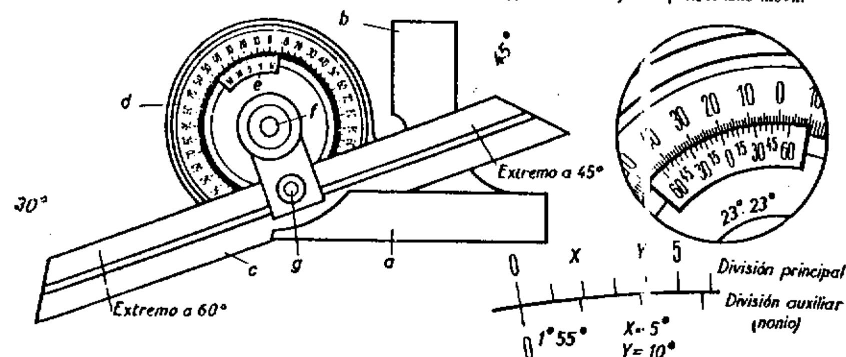


Fig. 114,4. (abajo). Transportador universal. *a*) Lado principal fijo; *b*) lado auxiliar fijo; *c*) lado móvil; *d*) escala principal, unida al lado fijo; *e*) escala auxiliar (nonio) unida al lado móvil; *f*) tornillo principal de fijación; *g*) tornillo de fijación para el lado móvil.

Medición con el transportador universal. Los grados completos se leen sobre la graduación principal con el trazo cero del nonio (figs. 115,1 ... 4). El sentido de lectura puede ser en sentido dextrórsum o en sentido sinistrórsum. Al leer los minutos del ángulo se va a partir del cero del nonio en la misma dirección que se sigue para leer los grados (fig. 115,1 ... 4).

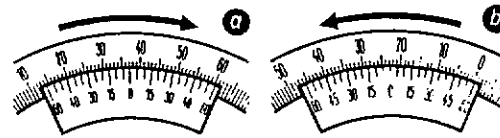


Fig. 115,1. Sentidos de lectura en el transportador universal. *a*) Sentido de lectura dextrórsum: valor leído 37° 20'; *b*) sentido de lectura sinistrórsum: valor leído 22° 40'.

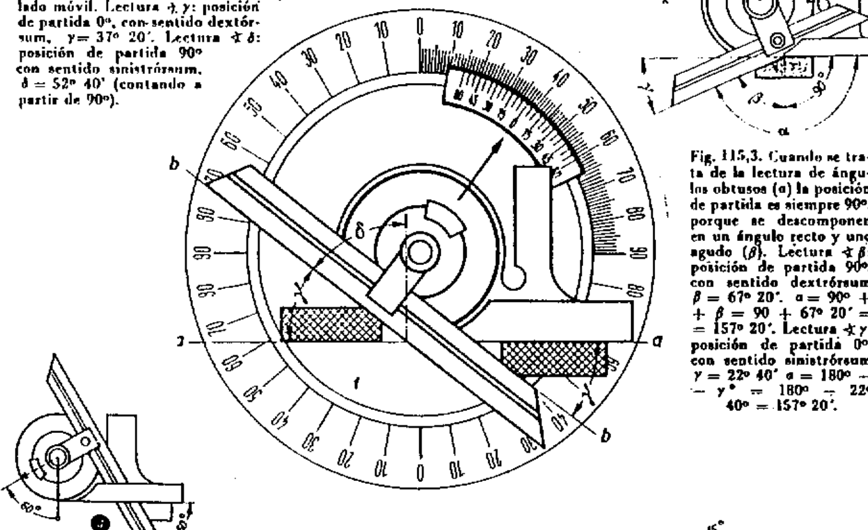
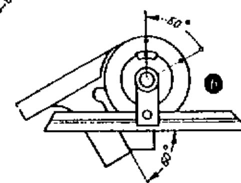


Fig. 115,2. Colocación del transportador universal y posición de partida al medir. *a*) Canto de aplicación del lado fijo; *b*) canto de aplicación del lado móvil. Lectura ∢ γ: posición de partida 0°, con sentido dextórsum, $\gamma = 37°\ 20'$. Lectura ∢ δ: posición de partida 90° con sentido sinistrórsum, $\delta = 52°\ 40'$ (contando a partir de 90°).

Fig. 115,3. Cuando se trata de la lectura de ángulos obtusos (α) la posición de partida es siempre 90°, porque se descomponen en un ángulo recto y uno agudo (β). Lectura ∢ β: posición de partida 90°, con sentido dextrórsum $\beta = 67°\ 20'$. $\alpha = 90° + \beta = 90 + 67°\ 20' = 157°\ 20'$. Lectura ∢ γ: posición de partida 0°, con sentido sinistrórsum $\gamma = 22°\ 40'$ $\alpha = 180° - \gamma^* = 180° - 22°\ 40° = 157°\ 20'$.



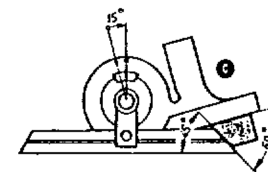


Fig. 115,4. *a*) Empleo del lado principal fijo. Posición de partida 0°, girando con sentido sinistrórsum 60°; *b*) empleo del lado auxiliar fijo, posición de partida 90° con sentido sinistrórsum hasta 30°; *c*) empleo del extremo cortado a 45° en el lado móvil; posición de partida 0°, con sentido dextrórsum hasta hasta 15°. Al valor leído se le añaden 45°.

Transportador óptico (fig. 115,5).

Para la lectura se utiliza una lupa. La exactitud de la lectura es de 5 minutos.

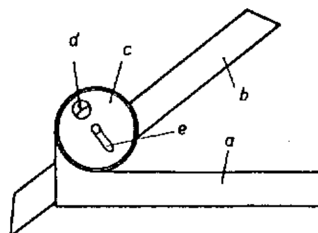


Fig. 115,5. Transportador óptico. *a*) Lado fijo; *b*) lado móvil; *c*) carcasa con escala graduada; *d*) lupa para lectura de la escala; *e*) palanquita de fijación.

* *N. del T.:* Obsérvese que, como antes $\alpha = 90 + \beta$, pero que $\beta = 90 - \gamma$, con lo que tenemos $\alpha = 90 + 90 - \gamma = 180 - \gamma$.

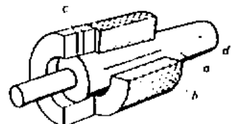


Fig. 116,1. Verificación de cuerpos cónicos con el calibre hembra para conos. a) Pieza provista de cuerpo cónico; b) calibre hembra para conos; c) señales de tolerancia; d) trazo para prueba por roce.

Verificación de conos.

Cuando hayan de ajustar entre sí un cuerpo cónico y una cavidad cónica, habrán forzosamente de tener la misma conicidad (suele decirse también «el mismo cono»). El verificar si un cono es correcto consiste principalmente en determinar si tiene la conicidad deseada.

Como es sabido, la convergencia o conicidad de un cono se determina por medio de mediciones: diámetro mayor D, diámetro menor d y longitud l. La medición de estas magnitudes no resulta fácil y en los talleres es francamente engorrosa. Por esta razón se verifican, por lo general, todas las magnitudes simultáneamente con calibres cónicos especiales que responden a las dimensiones prescritas.

Los conos normales (conos Morse, conos métricos) se verifican con calibres cónicos normales. Con ellos, como decíamos, no se determinan por separado las distintas dimensiones, sino que se pone únicamente de manifiesto si el calibre en forma de casquillo cónico ajusta con el cuerpo cónico (fig. 116,1) o si la cavidad cónica ajusta con el calibre cónico macho (fig. 116,2). Los diámetros del cono son correctos cuando el cuerpo cónico entra hasta una determinada señal o trazo en la cavidad cónica. Cuando los diámetros pueden oscilar dentro de ciertos límites van señalados en el calibre cónico dos trazos que corresponden a la tolerancia admitida.

Antes de proceder a la verificación hay que limpiar a fondo las superficies cónicas de la pieza y del instrumento de verificación. Una superficie cónica regular se pone de manifiesto con ayuda del procedimiento de roce.

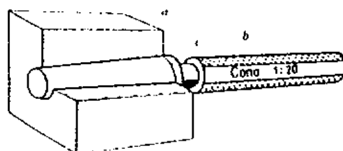


Fig. 116,2. Verificación de cavidades cónicas por medio del calibre cónico macho. a) Pieza; b) calibre cónico macho; c) señal.

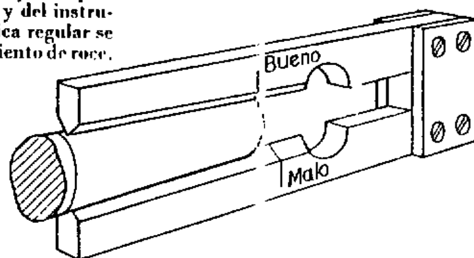


Fig. 116,3. Calibre plano para verificar conos por el procedimiento de la rendija de luz.

La superficie exterior del cuerpo cónico (calibre macho o pieza cónica) se provee, en la dirección del eje longitudinal, de dos trazos de lápiz desplazados en 90° uno de otro. Después de meter el cuerpo cónico en la cavidad cónica correspondiente, se hacen girar un poco la pieza y el calibre en sentidos encontrados, ejerciendo además una ligera presión sobre ellos. Los trazos deben borrarse uniformemente, y si no ocurre esto será ello prueba de que la superficie cónica es irregular.

Para la verificación pueden emplearse también calibres planos (fig. 116,3). En estos calibres se compara el cono por el procedimiento de la rendija de luz con una superficie trapecial limitada por dos reglas. Ambas reglas se ajustan de acuerdo con un cono normal o por medio de dos discos de medida convenientes.

Disponiendo marcas de «bueno» y «malo» se convierte el calibre en un calibre de tolerancia.

Con el calibre para conos Mikrotast (figura 116,4) pueden comprobarse conos de 6 ... 120 mm de diámetro.

Fig. 116,4. Calibre para conos Mikrotast. a) Soportes unidos por puente; b) minímetro; c) tope.

EJECUCIÓN DE TALADROS PARA PASADORES CÓNICOS

Los pasadores cónicos sirven para unir y para afianzar la posición de elementos de máquinas (fig. 117,1). Para obtener una buena unión han de tener tanto las paredes del pasador como las de los agujeros superficies bien lisas.

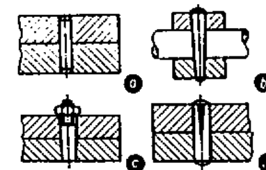


Fig. 117,1. Uniones por medio de pasadores. a) Pasador cilíndrico; b) pasador cónico; c) pasador cónico con espiga roscada (la rosca sirve para extraer el pasador); d) pasador hendido.

Ejemplo de trabajo.

Trabajo encargado: Fijar el perno en la horquilla por medio de pasadores cónicos.

Los pasadores cónicos * están normalizados. La relación de conicidad se ha unificado estableciéndola en 1 : 50. En la designación «pasador cónico 5 × 32» quiere significarse que 32 es la longitud y 5 el diámetro del pasador en mm. La medida nominal del diámetro se refiere al extremo delgado del pasador, ya que esta medida es la única que tiene importancia para el taladrado del agujero, que es igual para todas las longitudes de pasadores de *un mismo* diámetro nominal.

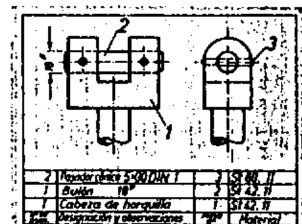
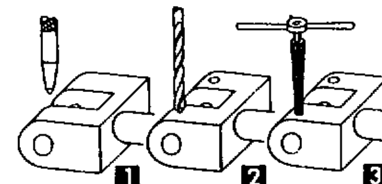


Fig. 117,2. Plano de trabajo.

Plan de trabajo.

	Fases del trabajo	Herramientas
1	Trazado y marcado con granete	Escuadra, gramil, granete
2	Taladrado de los agujeros (hay que taladrar juntos la horquilla y el perno)	Broca helicoidal ø 4,8
3	Escariado de los agujeros	Escariador para agujeros de pasador
Instrumentos de medida: pie de rey, regla de acero		



Mecanizado de los agujeros para pasador.

Los agujeros se taladran previamente al diámetro menor y se escarian a mano con el escariador para taladros de pasador. Los escariadores para taladros de pasador pequeños son de cinco aristas y los mayores son de dientes rectos o helicoidales.

T. 117,1. Tamaños de escariadores para pasadores cónicos

Pasador cónico *d*	Medidas de los escariadores en mm *d*	*D*	*l*
2	1,9	2,74	42
3	2,9	3,96	53
4	3,9	5,2	65
5	4,9	6,44	77
8	7,9	10,32	121
10	9,9	12,76	143
16	15,84	20,16	214



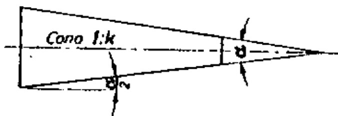
Fig. 117,3. Introducción del pasador. a) Pasador cónico; b) exceso para el apriete.

Verificación de agujeros para pasador.

El pasador se introduce con el martillo. Con objeto de que quede suficientemente firme en su alojamiento, antes de esto tiene que poderse meter a mano hasta que su casquete quede 3 ... 4 mm por encima del borde del agujero (figura 117,3).

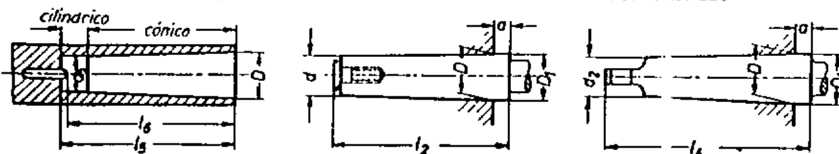
* Jütz-Scharkus: Stoff - Zahl - Form Tabellen für des Metall gewerbe (Material - Número - Forma. Tablas para la industria metalúrgica). Brunswick, 1954, pág. 58.

T. 118,1. Conos según DIN 254



Cono 1 : K	Ángulo de cono a	Ángulo de ajuste en la máquina $\frac{a}{2}$	Ejemplos de aplicaciones (M) = construcción de máquinas (W) = cons rucción de herramientas
1 : 0,289	120°	60°	(M) Avellanamiento protector para taladros de cent ado
1 : 0,500	90°	45°	(M) Cono de válvula, enlaces en vástagos de émbolo
1 : 0,866	60°	30°	(M) Cono de cierre hermético para roscas ligeras de t bo; ranuras en V; taladros de centrado; (W) puntas de granete
1 : 1,50	36° 52′	18° 26′	(M) Cono de cierre hermético para roscas fuertes de ubo.
1 : 3,429	16° 36′	8° 18′	(W) Cono del husillo de fresar (recomendación de I: A)
1 : 4,074	14°	7°	(W) Caja de husillo en construcción de máquinas-herramientas
1 : 5	11° 25′	5° 42′ 30″	(M) Extremo inferior de pivotes verticales, acoplamientos a fricción, elementos de máquina fácilmente desmontables por solici ación normal al eje y por rotación
1 : 6	9° 32′	4° 26′	(M) Conos de grifería, pernos de cruceta para locom toras
1 : 10	5° 44′	2° 52′	(M) Pernos de acoplamiento, cajas de cojinete aj tables, elementos de máquinas sometidas a esfuerzos transversales a su eje, a torsión y longitudinalmente
1 : 15	3° 49′	1° 54′ 30″	(M) Vástagos de émbolos de locomotora, cubos de hélices de buques
Véase cono Morse DIN 228			(W) Mangos de herramienta y conos de acoplamiento en los husillos de las máquinas-herramientas
1 : 20	2° 52′	1° 26′	
1 : 30	1° 54′ 34″	57′ 17″	(W) Taladros de los escariadores y avellanadores de casco
1 : 50	1° 8′ 46″	34′ 23″	(M) Pasadores cónicos

T. 118,2. Mangos cónicos de herramientas según DIN 228



Designación		Cono métrico		Cono Morse							Cono métrico
		4	6	0	1	2	3	4	5	6	80
Cavidad	D	4	6	9,045	12,065	17,780	23,825	31,267	44,399	63,348	80
	d_5	3	4,6	6,7	9,7	14,9	20,2	26,5	38,2	54,8	71,4
	l_5	25	34	52	56	67	84	107	135	187	202
	l_6	21	29	49	52	63	78	98	125	177	186
Mango	D_1	4,1	6,15	9,212	12,240	17,981	24,051	31,543	44,731	63,759	80,4
	d	2,85	4,40	6,453	9,396	14,583	19,784	25,933	37,574	53,905	70,2
	l_1	25	35	53	57	68	85	108	136	189	204
	d_2	—	—	6,115	8,972	14,059	19,132	25,154	36,547	52,419	69
	l_4	—	—	59,5	65,5	78,5	98	123	155,5	217,5	228
	a	2	3	3,2	3,5	4	4	5,3	6,3	7,9	8
Cono		1 : 20		1:19,212	1:20,048	1:20,020	1:19,922	1:19,254	1:19,002	1:19,180	1:20
Ángulo de ajuste $\frac{a}{2}$		1° 25′ 56″		1° 29′ 27″	1° 25′ 43″	1° 25′ 50″	1° 26′ 16″	1° 29′ 15″	1° 30′ 26″	1° 29′ 36″	1° 25′ 56″

4. FRESADO DE PIEZAS

Algunas piezas fresadas importantes.

Mediante fresado puede proveerse a piezas de los más diversos materiales como, por ejemplo, acero, fundición de hierro, metales no férricos y materiales sintéticos, de superficies planas o curvas, de entalladuras, de ranuras, de dentados, etc. (figura 119,1). La superficie de las piezas fresadas puede ser desbastada o afinada. Las piezas que hayan de tener una mejor calidad superficial, como, por ejemplo, las guías de máquinas-herramientas, se trabajan frecuentemente por esmerilado o rectificado.

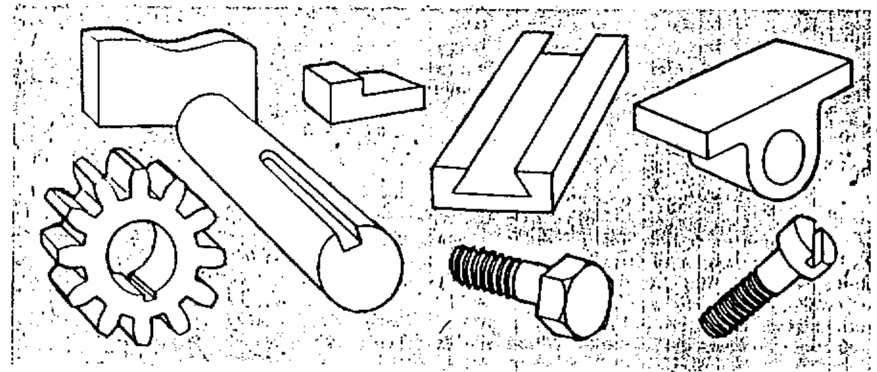


Fig. 119,1. Ejemplos de piezas fresadas.

Proceso del trabajo al fresar (fig. 119,2).

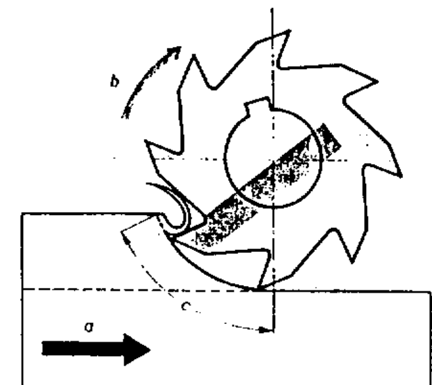


Fig. 119,2. Proceso del trabajo al fresar. a) Movimiento de avance; b) movimiento principal; c) camino de trabajo de un diente de fresa.

Las virutas son arrancadas en el fresado por medio de la rotación de la fresa cuyos filos están dispuestos en forma circunferencial. La fresa es una herramienta de varios filos. Para poderse introducir en el material los filos de la fresa tienen forma de cuña (compárese con el útil de torno). El movimiento de rotación de la fresa se llama *movimiento principal o de corte*. Para conseguir el espesor de viruta ejecuta la pieza un *movimiento de avance*, lineal. Los movimientos principal y de avance son originados por la *máquina fresadora*.

Durante el fresado cada filo no está nada más que durante una parte de la revolución de la fresa, dedicado al arranque de viruta. El resto del tiempo el diente gira en vacío y puede refrigerarse. El trabajo del útil no es, por lo tanto, tan fuerte como en el caso del útil de torno cuyo filo está continuamente cortando.

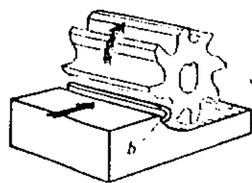


Fig. 120,1. Fresado cilíndrico.

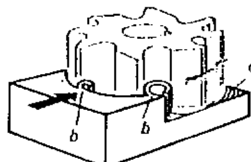


Fig. 120,2. Fresado frontal. *a*) Superficie trabajada (no existen ondulaciones de fresado); *b*) forma de la viruta.

Procedimientos de fresado.

Fresado cilíndrico y fresado frontal.

En el **fresado cilíndrico** el eje de la fresa se halla dispuesto paralelamente a la superficie de trabajo en la pieza. La fresa es de forma cilíndrica y arranca las virutas con los filos de su periferia (fig. 120,1). Las virutas producidas tienen forma de coma.

En el **fresado frontal** el eje de la fresa es normal a la superficie de trabajo (fig. 120,2). La fresa corta no solamente con los dientes de su periferia, sino también con los frontales. Las virutas son de espesor uniforme.

Parangón entre los fresados cilíndrico y frontal.

En el fresado cilíndrico la máquina fresadora experimenta una carga irregular en virtud de la forma de coma de las virutas. Es difícil evitar un ligero golpe en la periferia, cuya consecuencia es una señal ondulada que se forma a cada revolución de la fresa. En el fresado frontal cada diente arranca una viruta de espesor uniforme. La carga de la fresadora es por esta razón uniforme. El rendimiento de viruta es, por lo general, 15 ... 20 % más alto que en el fresado cilíndrico. El pequeño golpe que pueda producirse en la periferia de la fresa frontal no tiene influencia alguna sobre la lisura de la superficie y las superficies obtenidas presentan por eso una superficie más lisa. Cuando ello sea posible deben mecanizarse las superficies planas mediante fresado frontal.

Fresado en contradirección y fresado paralelo.*

El movimiento de avance en el fresado cilíndrico tiene lugar generalmente contra el sentido de giro de la fresa, pero puede verificarse también en el mismo sentido que éste (fig. 120,3). Se distinguen, de acuerdo con esto, el fresado en contradirección y el fresado en dirección paralela.

El *fresado en contradirección* es el procedimiento corrientemente empleado en el fresado cilíndrico. La viruta se arranca aquí primeramente por el sitio más delgado. Antes de que los dientes de la fresa penetren en el material, resbalan sobre la superficie que se trabaja. Con esto se produce un fuerte rozamiento. El esfuerzo de corte hace gesto de levantar la pieza.

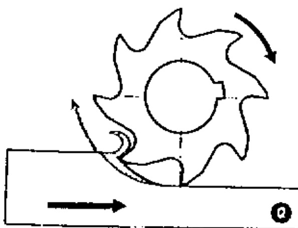
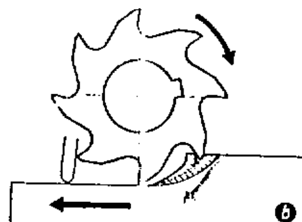


Fig. 120,3. Movimiento de avance en el fresado cilíndrico. *a*) Fresado en contradirección; *b*) fresado paralelo.



En el *fresado paralelo* los filos de la fresa atacan la viruta por su sitio más grueso. Como la pieza es fuertemente presionada contra su apoyo, se presta el procedimiento para el fresado de piezas delgadas. Se emplean también grandes profundidades de corte. La máquina debe, sin embargo, ser apropiada para este modo de trabajar. Ante todo la mesa no debe tener juego alguno, pues en caso contrario la fresa empujará a la pieza, pudiéndose estropear una u otra o ambas a la vez.

* *N. del T.:* Estos dos modos de fresar suelen llamarse también fresado de *avance por delante* y de *avance por detrás*, respectivamente.

Constitución de las máquinas de fresar y distintas clases de éstas.

La forma y el tamaño de las piezas que hayan de trabajarse determinan, para que el mecanizado resulte económico, máquinas fresadoras de constitución diversa. (Figuras 121,1,2; figuras 122,1 ... 3.)

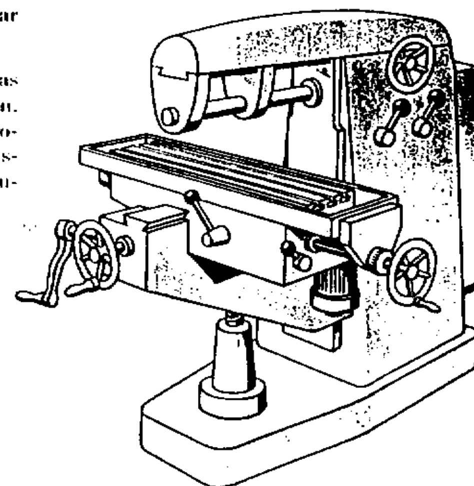


Fig. 121,1. (arriba). Máquina fresadora horizontal.

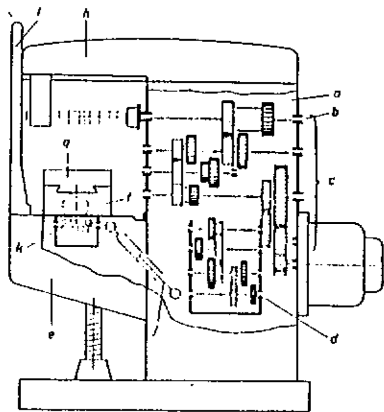


Fig. 121,2. (izquierda). Partes principales de una máquina fresadora horizontal. *a*) Cuerpo de la fresadora; *b*) husillo de trabajo o de fresar; *c*) accionamiento principal; *d*) accionamiento del avance; *e*) mesa de consola móvil; *f*) carro transversal; *g*) mesa de fresar o de sujeción; *h*) brazo superior; *i*) apoyo del brazo superior; *j*) árbol extensible; *k*) mecanismo de tornillo sin fin.

Máquina fresadora horizontal.

Esta máquina se presta para toda clase de trabajos de fresado. Su característica es el husillo de fresar dispuesto horizontalmente.

El **cuerpo de la fresadora** soporta el husillo de fresar horizontalmente dispuesto, los accionamientos principal y de avance, la mesa de consola móvil con carro transversal y mesa de sujeción y el brazo superior que frecuentemente se descarga, apoyándolo en un soporte.

El husillo de fresar es soportado por cojinetes de deslizamiento o por cojinetes de rodadura. Para garantizar un funcionamiento silencioso se realiza en dimensiones que le den robustez. Para sujetar el útil de fresar, la cabeza del husillo tiene un cono exterior y un cono interior.

El mecanismo del accionamiento principal da al husillo de fresar el movimiento de rotación o movimiento principal. Con objeto de que la fresa pueda funcionar con la velocidad de corte más apropiada, el número de revoluciones es variable. Las máquinas antiguas van provistas de un sistema escalonado de poleas. Las modernas son accionadas por una sola polea o por motor directamente acoplado y, con auxilio de un sistema de ruedas dentadas, se pueden establecer hasta 12 ó más números de revoluciones, sin más que accionar una palanca.

Mecanismo de accionamiento del avance. La pieza se sujeta sobre la mesa de fresar o mesa de sujeción. Para poderla acercar a la fresa, la mesa consola se desplaza *en altura*, el carro transversal lo hace en sentido *lateral* y la mesa de fresar en sentido *longitudinal*. Para conseguir estos movimientos se utilizan husillos accionados con palancas de mano. La mesa de fresar puede, además, ser movida por medio de un mecanismo de avance. Éste recibe su accionamiento directamente del mecanismo de accionamiento principal o por medio de un motor especial para el avance. Por medio de cuñas o trinquetes de acoplamiento o por engranajes de ruedas correderas pueden establecerse diversas velocidades de avance. Para enlace del mecanismo de avance con el husillo de la mesa de fresar se utiliza un eje extensible y un mecanismo de tornillo sin fin. La longitud del avance puede limitarse por medio de topes.

Las máquinas grandes van frecuentemente provistas de carreras aceleradas con las cuales la pieza se acerca rápidamente a la fresa.

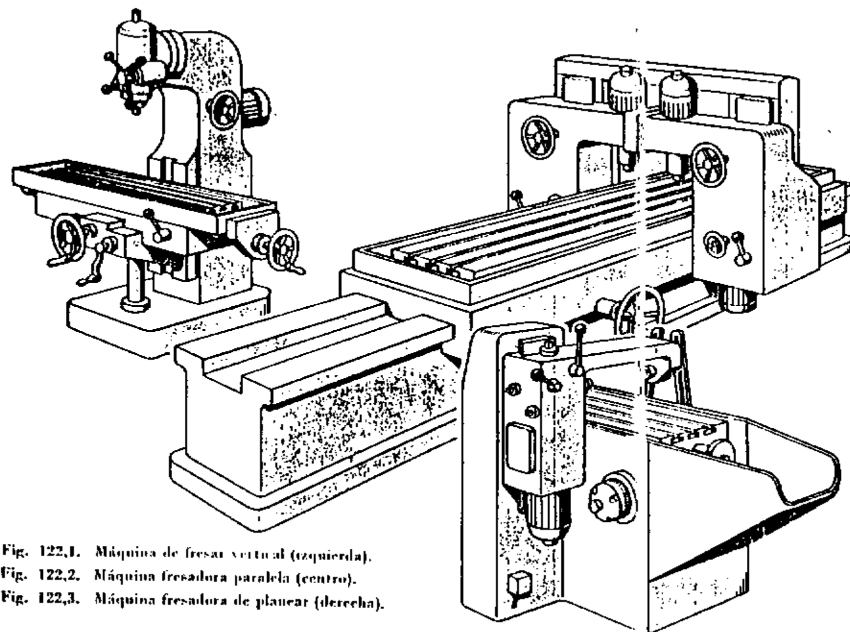


Fig. 122,1. Máquina de fresar vertical (izquierda).
Fig. 122,2. Máquina fresadora paralela (centro).
Fig. 122,3. Máquina fresadora de planear (derecha).

Máquina de fresar vertical (fig. 122,1).

Con esta máquina se realizan principalmente trabajos de fresado frontal. El husillo de fresar está dispuesto verticalmente en el cabezal portafresas. Este cabezal puede girar de tal modo que el husillo puede adoptar también una posición inclinada. Los mecanismos de accionamiento principal y de avance no se diferencian del de la máquina de fresar horizontal.

Máquina de fresar universal.

La característica principal de esta máquina es la de que la mesa de fresar puede girar hacia la derecha o hacia la izquierda. Con esto se hace posible la ejecución de muchos más trabajos, como, por ejemplo, el fresado de ranuras en espiral.

Otras máquinas de fresar especiales.

La fresadora paralela (fig. 122,2) se utiliza para trabajar piezas pesadas.

La fresadora de planear (fig. 122,3) se presta para trabajos en serie. El cabezal con el husillo de fresar es desplazable en altura. El movimiento de avance se realiza con la mesa. Las grandes máquinas fresadoras de planear tienen frecuentemente varios husillos de fresar.

Las máquinas de fresar roscas se construyen en diversos tipos y se emplean, como su nombre indica, para fresar roscas (véase pág. 199).

Las máquinas fresadoras para ruedas dentadas existen igualmente en diversos tipos (véase pág. 210).

Las máquinas fresadoras de copiar sirven para mecanizar piezas provistas de superficies de límites irregulares (como, por ejemplo, estampas o moldes) por medio de plantillas.

Útiles de fresado.

Las fresas pueden hacerse o de acero rápido o de acero de herramientas, sin alear. Frecuentemente los filos se disponen con una pieza de metal duro.

Las fresas de acero de herramientas sin alear no pueden trabajar sino con reducida velocidad de corte. Con las fresas de acero rápido pueden emplearse velocidades de corte mayores. Como el acero rápido es caro, las fresas grandes se hacen a base de un cuerpo de acero de construcción en que se insertan filos de acero rápido. Las fresas con filos de metal duro se prestan para trabajar materiales que ejerzan una fuerte acción de desgaste sobre los filos.

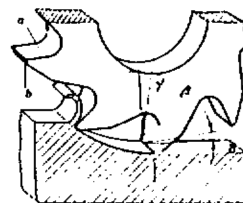


Fig. 123,1. Ángulos de corte en los filos de la fresa. α) Ángulo de incidencia; β) ángulo de filo; γ) ángulo de ataque; a) superficie de ataque; b) superficie de incidencia.

Clases de fresas.

Según la forma de los dientes se distingue entre fresas de dientes puntiagudos y fresas con despulla.

Fresas de dientes puntiagudos. El rendimiento de corte de la fresa y la calidad superficial de la pieza dependen principalmente de los filos de la fresa. Éstos son cuneiformes y se obtienen por fresado (fig. 123,1). La magnitud de los ángulos de corte está relacionada con el material que se vaya a trabajar (fig. 123,2 y T. 126,1, pág. 126). La distancia o paso entre los dientes queda también determinada por el material (fig. 123,2).

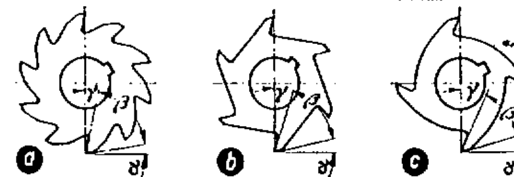


Fig. 123,2. Ángulos de corte y paso entre dientes para trabajo de diferentes materiales. a) El paso pequeño es apropiado para fresado de acero duro; b) un paso medio conviene para fresado de acero blando; c) el paso grande es adecuado para fresar metal ligero.

Al fresar materiales blandos se pueden producir, por ejemplo, grandes cantidades de viruta que pueden ser recibidas y separadas gracias a los grandes huecos existentes entre diente y diente.

Los filos pueden estar dispuestos paralelamente al eje de la fresa o tener forma helicoidal (fig. 123,3).

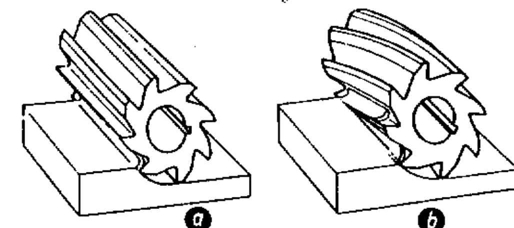


Fig. 123,3. Disposición de los filos. a) Los dientes rectos (paralelos al eje de la fresa) abarcan la viruta en toda su anchura. En virtud de esto, la fresa trabaja a golpes. El rendimiento del corte es reducido; b) Los dientes helicoidales trabajan de modo más silencioso, más suave. Cuando sale un diente del material, hay otro que está empezando a cortar. Las virutas van separándose a un lado.

Los filos helicoidales, que pueden tener inclinación a la derecha o a la izquierda, dan lugar, en el arranque de viruta, a un empuje en dirección axial (fig. 123,4). Este empuje (empuje axial) debe estar dirigido contra el cabezal, pues, de lo contrario, se soltaría del husillo el vástago de la fresa.

Según las Normas DIN, una fresa se dice que es de corte a la izquierda cuando gira en sentido contrario a las agujas de un reloj mirándola desde el lado del accionamiento, y que es de corte a la derecha cuando el giro es en el mismo sentido de las agujas de un reloj.



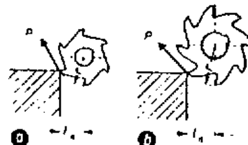




Fig. 123,4. (derecha). Dirección del corte y dirección del filo. a) Hélice a la derecha — corte a la izquierda; b) hélice a la izquierda — corte a la derecha.

Fig. 123,5. (izquierda). Las fresas de pequeño diámetro resultan ventajosas. a) Recorrido (l_a) pequeño, momento de torsión pequeño (momento de torsión = presión del corte × radio de la fresa, o sea, $M = P \cdot r$); b) recorrido l_a grande, momento de torsión grande.

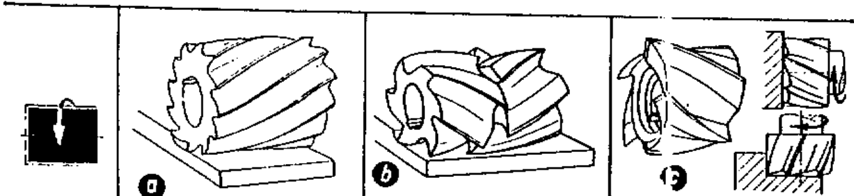


Fig. 124,1. Fresas cilíndricas y fresas frontales cilíndricas. a) Las *fresas cilíndricas* tienen filos únicamente en su periferia. Se utilizan para desbastar y afinar superficies planas por medio de la máquina fresadora horizontal; b) Las *fresas cilíndricas acopladas*, con dientes helicoidales de sentidos opuestos, tienen la ventaja de que el empuje axial queda en ellas parcialmente compensado; c) Las *fresas frontales cilíndricas* tienen dientes no solamente en la periferia, sino también en una de las caras frontales. Se prestan estas fresas para trabajar superficies planas y rebajos en ángulo recto, tanto con la fresadora horizontal como con la vertical.

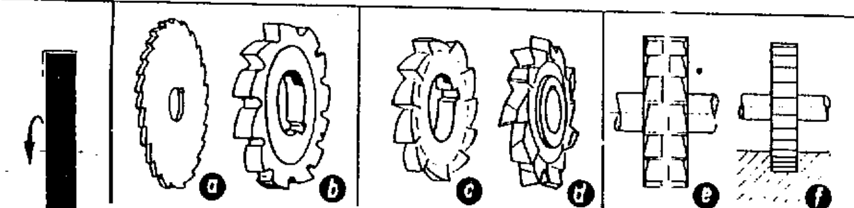


Fig. 124,2. Las fresas en forma de disco se utilizan para fresar entalladuras estrechas. a) La sierra circular se utiliza para cortar piezas y para hacer en ellas ranuras estrechas como, por ejemplo, en las cabezas de los tornillos; b) Las fresas para ranurar con dientes rectos sirven para fresar ranuras planas. Con objeto de evitar el roce lateral, estas fresas van abocardadas con la muela por ambos lados; c) Las fresas de disco de dientes triangulares son apropiadas para chaveteros más profundos; d) Las fresas de dientes cruzados van provistas de filos dirigidos alternativamente a la derecha y a la izquierda; e) Las fresas de discos acoplados pueden, después de haber sido afiladas, volver a su primitiva anchura mediante interposición de las convenientes arandelas; f) Fresa de disco en posición de trabajo.

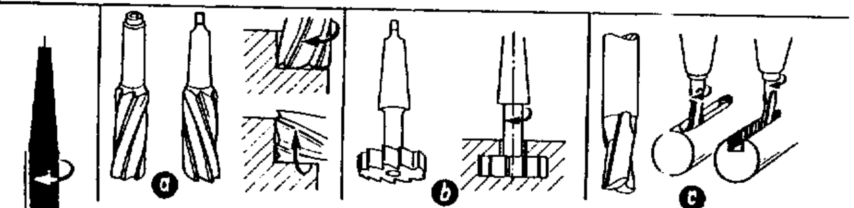


Fig. 124,3. Fresa con vástago. a) Las *fresas de vástago* son fresas frontales cilíndricas de pequeño diámetro. El vástago o mango sirve para sujeción. Las fresas de vástago con corte a la derecha y hélice a la derecha o las de corte a la izquierda con hélice a la izquierda, pueden salirse del husillo como consecuencia del empuje axial. Para evitar esto, el mango de la fresa va provisto de una rosca de apriete que sirve para fijarla en el husillo de fresar. Los mangos de fresas provistos de lengüeta de arrastre no se usan generalmente nada más que para cortes ligeros; b) Las *fresas de vástago para ranuras* se prestan para la ejecución de ranuras en T; c) Las *fresas para agujeros rasgados* tienen dos filos y se utilizan para el fresado de chaveteros y de agujeros rasgados.

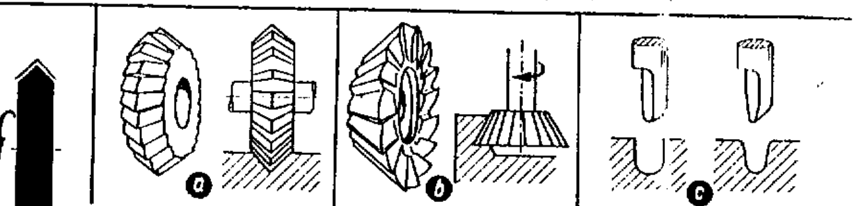


Fig. 124,4. Fresas de forma. a) Las *fresas angulares* son necesarias para la ejecución de guías prismáticas; b) La *fresa frontal angular* se utiliza para el mecanizado de guías en ángulo; c) Las *fresas de un solo filo* se utilizan para pequeños trabajos de fresado de forma.

Platos de cuchillas.

Los cortes van fijados en forma de cuchillas en un cuerpo o cabezal, pudiéndose reponer por separado en caso de deterioro. Se emplean estos platos de cuchillas para el fresado frontal de grandes superficies.

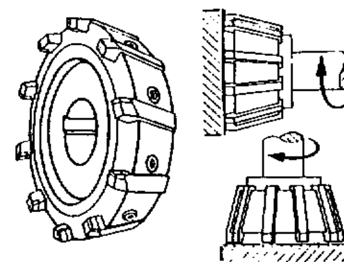


Fig. 125,1. Plato de cuchillas.

Fresas con despulla * (figs. 125,2 ... 3).

Para fresar superficies curvas no se pueden emplear las fresas de dientes en punta, ya que al afilar la fresa se cambiaría su perfil. Para curvas, arcos circulares y toda clase de perfiles, así como, con frecuencia, también para fresado de ranuras, se emplean estas fresas de forma retorneadas. El retorneado resulta necesario para mantener el ángulo de incidencia. El ángulo de ataque vale, generalmente, 0º. El reafilado se verifica a costa de la superficie de ataque (fig. 127,2, pág. 127), con lo cual el perfil se mantiene invariable.

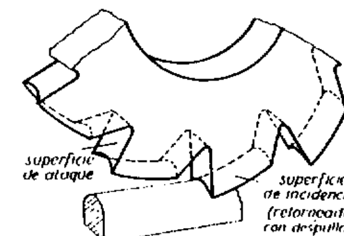


Fig. 125,2. Forma de los filos en una fresa con despulla.

Fresa compuesta (figs. 125,4,5).

Se designan con el nombre de compuestos aquellos útiles de fresar que están constituidos a base de la reunión de varias fresas de dientes puntiagudos o de fresas con despulla, de diámetros diversos. Se pueden fresar así, de una vez, perfiles de las más variadas formas. El empleo de fresas compuestas brinda multitud de posibilidades en el trabajo y ahorra el uso de fresas de forma, más caras.

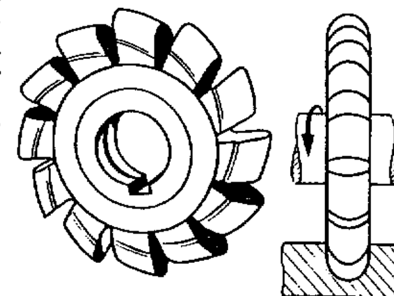
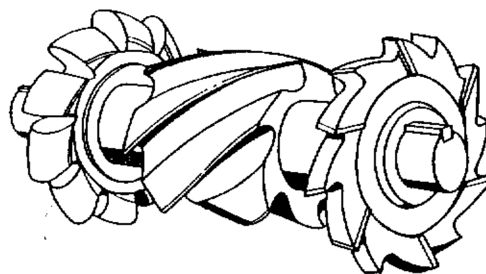


Fig. 125,3. Fresa de forma con despulla.



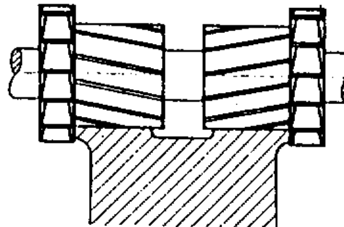


Fig. 125,4. Fresa compuesta, formada a base de una fresa de disco de dientes cruzados, de una fresa cilíndrica y de una fresa de forma con despulla.

Fig. 125,5. (derecha). Fresa compuesta en posición de trabajo. La fresa compuesta está formada por dos fresas de disco, una fresa cilíndrica con hélice a la izquierda y otra con hélice a la derecha. En virtud del sentido encontrado de ambas fresas cilíndricas, el empuje axial queda neutralizado.

* *N. del T.*: Estas fresas se llaman también fresas destalonadas o fresas retorneadas de perfil constante.

T. 126,1. Valores prácticos para número de dientes y ángulos de corte en fresas de acero rápido

α = ángulo de incidencia
γ = ángulo de ataque
λ = ángulo de inclinación del filo respecto al eje.

Tipo de fresa	Aceros normales hasta los 75 kg/mm de resistencia					Materiales tenaces hasta de 100 kg/mm² de resistencia					Metales ligeros				
	ø	N.º de dientes	Ángulos de corte ∢			ø	N.º de dientes	Ángulos de corte ∢			ø	N.º de dientes	Ángulos de corte ∢		
	d	z	α	γ	λ	d	z	α	γ	λ	d	z	α	γ	λ
Fresa cilíndrica	40	6	Avance en contra dirección			40	10	Avance en contra dirección			40	4	Avance en contra dirección		
	50	6				50	10				50	4			
	60	6				60	10				60	4			
	75	6	7°	10°	38°	75	12	4°	5°	35°	75	5	8°	25°	45°
	90	8	Avance paralelo			90	14	Avance paralelo			90	5	Avance paralelo		
	110	8				110	16				110	6			
	130	10				130	16				130	6			
	150	10	12°	16°	35°	150	18	8°	12°	30°	150	8	14°	30°	45°
Fresa frontal cilíndrica	40	8	Avance en contra dirección			40	12	Avance en contra dirección			40	4	Avance en contra dirección		
	50	10				50	14				50	5			
	60	10				60	14				60	6			
	75	10				75	16				75	6			
	90	12				90	18				90	6			
	110	12	7°	10°	20°	110	20	4°	5°	20°	110	7	8°	25°	35°
	130	14				130	22				130	8			
	150	16				150	24				150	10			
Fresa de disco	50	10	Avance en contra dirección			50	16	Avance en contra dirección			50	4	Avance en contra dirección		
	60	10				60	16				60	6			
	75	12				75	18				75	6			
	90	12	7°	12°	15°	90	20	5°	6°	10°	90	8	8°	25°	30°
	110	14	Avance paralelo			110	22	Avance paralelo			110	8	Avance paralelo		
	130	16				130	24				130	10			
	150	18				150	26				150	10			
	175	18	12°	18°	15°	175	28	8°	14°	12°	175	12	14°	30°	30°
	200	20				200	30				200	12			
Fresa de vástago	10	4	Avance en contra dirección			10	6	Avance en contra dirección			10	3	Avance en contra dirección		
	12	4				12	6				12	3			
	14	5				14	6				14	3			
	16	5				16	8				16	3			
	20	6				20	8				20	4			
	24	6	7°	8°	15°	24	8	4°	6°	15°	24	4	8°	20°	25°
	30	6				30	10				30	4			
	36	6				36	10				36	5			
	40	6				40	10				40	5			

Cuidados para con los útiles de fresar.

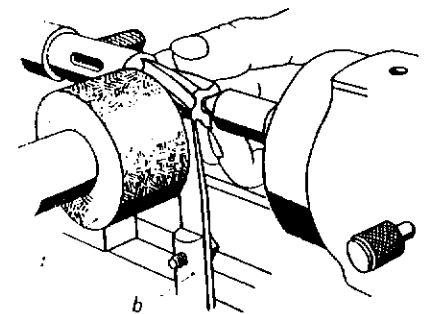


Fig. 127,1. Afilado de una fresa cilíndrica. a) Muela frontal; b) apoyo de los dientes.

Durante el fresado se desgastan los filos de la fresa. Si se emplean fresas con los filos romos se da lugar a superficies trabajadas poco limpias. Es necesario, por lo tanto, afilar la fresa a su debido tiempo en una máquina para afilar herramientas.

Las fresas de dientes puntiagudos se afilan por las superficies de incidencia (fig. 127,1). Cuando hay que afilar una fresa cilíndrica, por ejemplo, se mete en un mandril o espiga que se sujeta entre las puntas de una máquina de afilar.

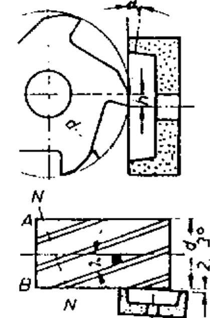
Al afilar se aprieta la fresa con una mano sobre el apoyo dispuesto para los dientes. Con la otra mano se mueve la mesa con la fresa por delante de la muela. A todos los dientes, uno a uno, se les da primeramente un afilado previo y después, también uno tras otro, el definitivo. Como útil de afilar se emplea una muela de vaso. Puesto que únicamente se debe afilar con un lado de la muela de vaso, el eje de ésta deberá guardar una inclinación de, aproximadamente, 3º con relación al eje de la fresa. Con objeto de que se obtenga el ángulo de incidencia correcto la muela se dispone por debajo del centro en el valor h (T. 127,1).

T. 127,1. Cota h para la colocación de la muela en el afilado de las fresas

Ángulo de inclinación de la hélice λ	Ángulo de incidencia	Ángulo de incidencia en el plano frontal	Diámetro de las fresas d, en mm — Cota de colocación o ajuste h, en mm: 40	50	60	75	90	110	130	150
0°	3°	3°	1,05	1,31	1,57	1,96	2,36	2,88	3,40	3,90
	5°	5°	1,74	2,18	2,61	3,27	3,92	4,78	5,67	6,51
	7°	7°	2,44	3,05	3,66	4,57	5,48	6,70	7,92	9,14
20°	3°	2° 49′	0,98	1,23	1,47	1,84	2,21	2,70	3,19	3,68
	5°	4° 42′	1,64	2,05	2,46	3,07	3,69	4,51	5,33	6,14
	7°	6° 35′	2,29	2,87	3,44	4,30	5,16	6,30	7,45	8,60
45°	3°	2° 7′	0,74	0,92	1,11	1,38	1,66	2,03	2,40	2,77
	5°	3° 32′	1,23	1,54	1,85	2,31	2,77	3,39	4,00	4,61
	7°	4° 58′	1,73	2,16	2,60	3,24	3,89	4,76	5,63	6,49
60°	3°	1° 30′	0,52	0,65	0,78	0,98	1,18	1,44	1,70	1,96
	5°	2° 30′	0,87	1,09	1,31	1,64	1,96	2,40	2,83	3,27
	7°	3° 31′	1,23	1,53	1,84	2,30	3,76	3,37	3,99	4,60

Con acero de herramientas y acero rápido: muela de corundum, afilado normal. 46 ... 60, J ... L, afilado fino 60 ... K ... M

Con metal duro: muela de carburo de silicio, afilado previo: 60 J afilado final: 80 ... 100, G ... H



α = ángulo de incidencia eficaz medido normalmente al filo (plano N — N); α_1 = ángulo de incidencia no eficaz en el caso de fresas con dientes oblicuos, medido el ángulo en el plano frontal A — B.

Las fresas con despulla se reafilan por la superficie de ataque (fig. 127,2). Como el ángulo de ataque no existe, por lo general, la muela se ajusta al centro de la fresa.

Los filos de las fresas de disco son muy delicados y para evitar su deterioro no deben ponerse sobre un fondo duro.

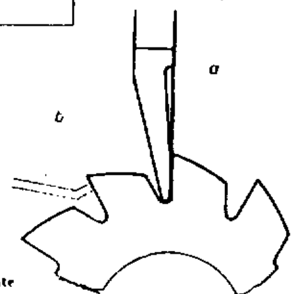


Fig. 127,2. Afilado de una fresa con despulla. a) Muela de plato; b) apoyo del diente

Sujeción de las fresas.

La fresa debe trabajar sin sacudidas, pues de lo contrario se desgastan rápidamente los dientes más salientes, con lo cual el tiempo de duración resulta acortado. Aparte de esto, cuando una fresa gira excéntricamente, es decir, cuando no gira bien redonda como corrientemente se dice en los talleres, cada diente trabaja a distinta profundidad, con lo cual se producen ondulaciones en la superficie de la pieza que se mecaniza. La sujeción de la fresa es una operación que hay que realizar con el mayor cuidado (figs. 128,1 ... 4).

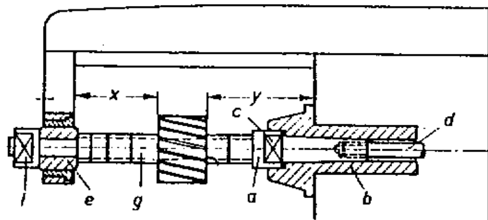


Fig. 128,1. Las *fresas con taladro* como, por ejemplo, las fresas cilíndricas, se fijan en un vástago de fresa (*a*). Este vástago lleva en un extremo un cono normal que se aloja en la cavidad cónica del husillo de fresar (*b*). Por medio de las superficies de arrastre (*c*) y un tornillo de sujeción (*d*) queda asegurado que el vástago no se suelte. La fresa debe poderse deslizar por el vástago con ajuste de aspiración (asa-gendo). Metiéndola a la fuerza podría romperse. En las muelas de dientes oblicuos, el empuje axial debe ir dirigido contra el husillo de fresar. La fresa se fija al vástago por medio de una chaveta y es mantenida en su posición mediante anillos intermedios (*g*). Entre las superficies frontales de la fresa y de los anillos intermedios no deben quedar interpuestos cuerpos extraños, pues de lo contrario, al apretar la tuerca del vástago (*i*), podría curvarse este último y la fresa funcionaría con sacudidas. La tuerca del vástago no debe apretarse sino cuando el contrasoporte (*f*) esté colocado y bien afianzado. Para que el vástago de fresa (cuyo extremo izquierdo va dentro de un cojinete [*e*]), no se flexe como consecuencia del esfuerzo de corte, habrá que elegir para él un diámetro bastante grande dentro de lo posible. Además de esto, las distancias de la fresa al contrasoporte y al cabezal principal (*x*, *y*) habrán de ser pequeñas.

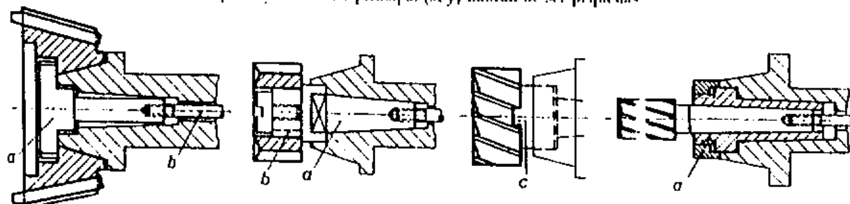


Fig. 128,2. Los *grandes platos de cuchillas* se aplican sobre el cono exterior del husillo de fresar. Para conseguir una sujeción fuerte con el husillo de fresar, se utilizan el perno de arrastre (*a*) y el tornillo de sujeción (*b*).

Fig. 128,3. *Los platos de cuchillas pequeños* y las fresas frontales cilíndricas se fijan a un vástago (*a*) que se introduce en ellas, bien por medio de una chaveta de ajuste (*b*) o bien por medio de una transversal (*c*)

Fig. 128,4. Cuando se trata de *fresas de vástago* con vástago cónico se introduce éste en el taladro cónico del husillo de fresar y se fija con un tornillo. Para sujetar fresas pequeñas se utiliza un manguito intermedio (*a*).

Verificación del giro concéntrico (giro redondo).

Cuando gira la fresa no debe presentar una desviación superior a 0,05 mm. Para efectuar la verificación se emplea el amplificador de esfera. Para ello se hace girar el husillo lentamente a mano (fig. 128,5).

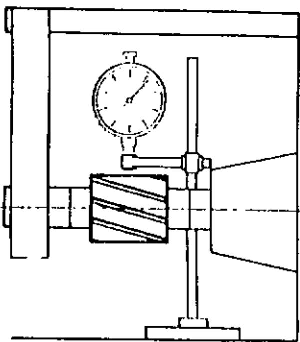


Fig. 128,5. Verificación del giro redondo.

Normas para la sujeción de las fresas.

1. Escójase la fresa adecuada y el vástago de fresa conveniente sin olvidar la chaveta.
2. Protéjase contra deterioros el cono del vástago de fresa y el del husillo de fresar.
3. Antes de montar las piezas, límpiense cuidadosamente las superficies de ajuste, por ejemplo, el vástago de fresa, la cavidad cónica del husillo de fresar, los anillos intermedios y la fresa (interesa sobre todo para obtener el giro redondo).
4. Compruébese si coinciden el sentido de giro de la fresadora y el de los filos de la fresa (peligro de rotura de fresa).
5. Compruébese si, en el caso de fresas con dientes oblicuos, el empuje axial va dirigido contra el husillo de fresar.

Sujeción de las piezas.

Las piezas tienen que estar sujetas de modo firme y seguro. Si se aflojan durante el trabajo puede darse lugar a que la pieza resulte inútil o a que se rompa la fresa.

Las piezas sueltas se sujetan en el tornillo de la máquina o se fijan a la mesa de la máquina por medio de bridas y tornillos de sujeción (figs. 129,1 ... 4).

Cuando se trata del mecanizado de muchas piezas de la misma naturaleza se emplean dispositivos o montajes de sujeción (fig. 129,5). Estos tienen la ventaja de que se ahorra uno el tener que ajustar, centrar y nivelar la pieza cada vez. Para economizar tiempo se suelen preparar a veces montajes dobles, con los que hay la ventaja de que mientras la fresa trabaja una pieza, se sujeta en el segundo montaje otra pieza. Este procedimiento de trabajo se llama *fresado pendular* (fig. 129,5).

Las piezas que han de ir provistas de superficies fresadas distribuidas regularmente como, por ejemplo, tuercas, ruedas dentadas, etc., se sujetan con ayuda del cabezal divisor (véase página 140).

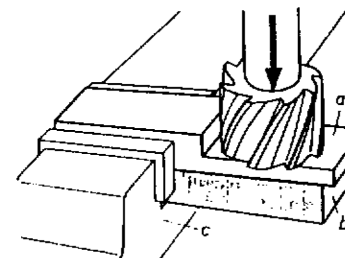


Fig. 129,1. Las piezas delgadas deben ser protegidas contra la flexión. *a*) Pieza; *b*) pieza de apoyo; *c*) tornillo de la máquina.

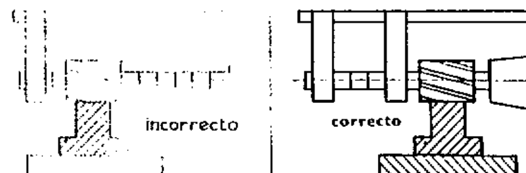


Fig. 129,2. Las piezas deben sujetarse próximas al cuerpo o columna de la máquina.

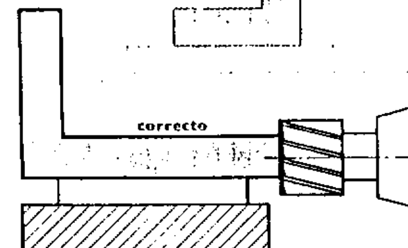


Fig. 129,3. La superficie que se ha de trabajar debe quedar tan baja como sea posible.

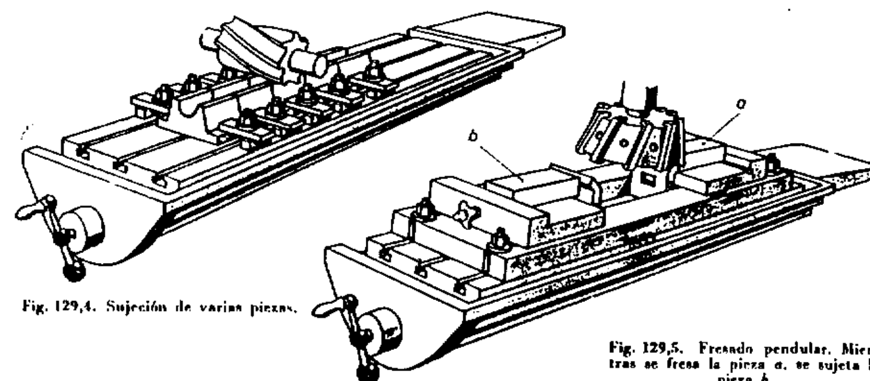


Fig. 129,4. Sujeción de varias piezas.

Fig. 129,5. Fresado pendular. Mientras se fresa la pieza *a*, se sujeta la pieza *b*.

Ajuste del número de revoluciones.

El número de revoluciones depende de la velocidad de corte admitida y del diámetro de la fresa. En el fresado se entiende por velocidad de corte el recorrido de un filo de la fresa en m/min. La velocidad de corte admisible se saca de la tabla que se incluye más abajo (T. 130,1).

Si la velocidad de corte es demasiado grande, los dientes de la fresa se embotan prematuramente.

Si la velocidad de corte, por el contrario, es demasiado pequeña, el rendimiento del fresado será pequeño.

Sean
v = velocidad de corte m/min.
d = diámetro de la fresa en mm.
n = número de revoluciones de la fresa por minuto.

El número de revoluciones de la fresa por minuto será $\boxed{n = \frac{v \cdot 1000}{\pi \cdot d}}$

Ejemplo Se trata de mecanizar, mediante fresado de desbastado, una placa empleando una fresa cilíndrica. Queremos calcular el número de revoluciones de la fresa.
Datos: Material de la placa St 50.11.
Diámetro de la fresa 75 mm.
Solución Velocidad de corte, según la tabla 130,1, igual a 17 m/min.

$$n = \frac{v \cdot 1000}{\pi \cdot d} = \frac{17 \text{ m/min} \cdot 1000}{3{,}14 \cdot 75 \text{ mm}} \approx 72 \text{ rev/min.}$$

En una fresadora no se puede disponer, por lo general, nada más que de un cierto número de velocidades, por ejemplo 37 — 49 — 64 — 86 — 113 — 147 — 197 — 250 — 338 — 455 — 600 — 700 revoluciones por minuto.

En el caso del ejemplo anterior escogeríamos el número de revoluciones n = 64 rev/min.
El número de revoluciones puede sacarse también de una tabla; véase T. 142,1, pág. 142.

T. 130,1. VALORES PRÁCTICOS PARA LA VELOCIDAD DE CORTE (v) Y PARA EL AVANCE (s' EN mm/MIN).

Anchura de la fresa b / Profundidad de corte a	Fresa cilíndrica b = 100 mm, desbastado a = 5 mm		afinado a = 0.5 mm		Fresa frontal cilíndrica b = 70 mm, desbastado a = 5 mm		afinado a = 0,5 mm		Fresa de disco b = 20 mm, desbastado a = 10 mm		afinado	
	v	s'	v	s'	v	s'	v	s'	v	s'	v	s'
Acero sin alear hasta 65 kg/mm²	17	100	22	60	17	100	22	70	1[illegible]	100	22	40
Acero aleado recocido hasta 75 kg/mm²	14	80	18	50	14	90	18	55	1[illegible]	80	18	30
Acero aleado mejorado hasta 100 kg/mm²	10	50	14	36	10	55	14	42	1[illegible]	50	14	25
Fundición gris hasta 180 Brinell	12	120	18	60	12	140	18	70	1[illegible]	120	18	40
Latón (Ms 58)	35	70	35	50	36	190	55	150	3[illegible]	150	55	75
Metales ligeros	200	200	250	100	200	250	250	110	20[illegible]	200	250	100

Anchura de la fresa b / Profundidad de corte a	Fresas de vástago b = 25 mm, a = 5 mm		a = 0,5 mm		Platos de cuchillas b = 180 mm, a = 5 mm		a = 0,5 mm		Sierras b = 2,5 mm, a = 10 mm			
Acero sin alear hasta 65 kg/mm²	17	50	22	120	20	20	30	50	45	50		
Acero aleado recocido hasta 75 kg/mm²	15	40	19	100	16	65	23	40	35	40		
Acero aleado mejorado hasta 100 kg/mm²	13	20	17	65	14	36	18	30	25	30		
Fundición gris hasta 180 Brinell	15	60	19	120	16	100	24	90	35	50		
Latón (Ms 58)	35	80	55	120	50	200	60	120	350	200		
Metales ligeros	160	90	180	120	250	250	300	90	320	180		

Ajuste del avance.

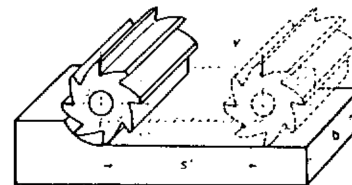


Fig. 131,1. Constitución de la cantidad de viruta al fresar. a = profundidad de corte o de fresado (en mm); b = anchura de fresado (en mm); s' = velocidad de avance (en mm/min). V = cantidad de viruta.

El avance se da en el fresado por medio de la velocidad de avance en mm/min. Se entiende por este avance el recorrido en mm que realiza la mesa fresadora, y con ella la pieza, en un minuto (fig. 131,1).

La velocidad de avance (s') viene obligada por la fresa, el material de la pieza, la profundidad de corte y la calidad superficial que se desee (T. 130,1). Para evitar que la máquina vaya sobrecargada, se calcula a veces la velocidad de avance. Se parte para ello de la cantidad máxima de viruta que puede arrancar la fresa en un minuto. Por medio de experiencias se ha fijado la cantidad máxima de viruta en cm³ por kilowatio de potencia en la máquina (T. 142,3, página 142).

V = cantidad máxima posible en cm³/min.
V' = cantidad admisible en cm³/kWmin (véase T. 142.3).
N = potencia de la máquina en kW.

La cantidad máxima posible de viruta se obtiene multiplicando la cantidad admisible por la potencia de la máquina.

Cantidad máxima posible en cm³/min. $\boxed{V = V' \cdot N}$

Ejemplo: Para el fresado cilíndrico de acero de resistencia igual a 35 ... 60 kg/mm² la cantidad de viruta admisible es de 12 cm³/kW min (T. 142,3).
¿Qué cantidad de viruta será posible arrancar por minuto con una fresadora de 2,5 kW de potencia?

Solución: $V = V' \cdot N$ = 12 cm³/kW min · 2,5 kW = 30 cm³/min.
La cantidad de viruta V (fig. 131,1) puede también calcularse partiendo de la profundidad de corte (a), la anchura de corte (b) y la velocidad de avance (s').

$$V = \frac{a \cdot b \cdot s'}{1000} \text{ en cm}^3\text{/min;}$$

de esta ecuación se deduce

Velocidad de avance en mm/min $\boxed{s' = \frac{V \cdot 1000}{a \cdot b}}$

Ejemplo: Una placa de St 50.11 debe trabajarse con fresa cilíndrica. Profundidad de fresado 4 mm, anchura de la fresa 80 mm, potencia de la máquina, 3 kW. Se quiere calcular la velocidad máxima posible de avance.

Solución: 1. Cantidad máxima posible de viruta:

$$V = V' \cdot N; \quad V' = 12 \text{ cm}^3\text{/kW min}$$
$$V = 12 \text{ cm}^3\text{/kW min} \cdot 3 \text{ kW} = 36 \text{ cm}^3\text{/min}$$

2. Velocidad de avance

$$s' = \frac{V \cdot 1000}{a \cdot b}; \quad s' = \frac{36 \text{ cm}^3\text{/min} \cdot 1000}{4 \text{ mm} \cdot 80 \text{ mm}} = 112 \text{ mm/min.}$$

En la fresadora no puede, por lo general, disponerse sino de un determinado número de velocidades de avance, por ejemplo, 12 — 20 — 33 — 57 — 99 — 167 — 276 — 480 mm/min. Habrá, por lo tanto, que escoger en este caso la velocidad de 99 mm/min.

Fresado de desbastado y de afinado (fig. 132,1).

En el *fresado de desbastar* se trata de eliminar el exceso de material en el tiempo más corto posible. Por esta razón se elige una velocidad de avance grande. Para el trabajo siguiente afinar quedan 0,5 ... 1 mm de material. Con vistas al tiempo de duración de la fresa se elige una velocidad de corte pequeña (T 130,1).

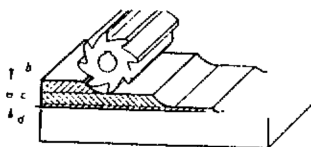


Fig. 132,1. (izquierda). Fresados de desbastar y de afinar. *a)* Exceso para el mecanizado; *b)* primera pasada de desbastado; *c)* segunda pasada de desbastado; *d)* pasada de afinado (0,5 ... 1 mm de profundidad).

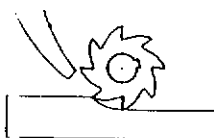


Fig. 132,2. (derecha). Refrigeración durante el fresado.

Mediante el *fresado de afinado* debe obtener la pieza sus dimensiones finales y la calidad superficial deseada. Para esto es necesaria una mayor velocidad de corte y una velocidad de avance pequeña. Cuando el exceso de material no es demasiado grande, la pieza puede obtener sus dimensiones definitivas y su calidad superficial con *una sola pasada*. En este caso se eligen unos valores intermedios para las velocidades de corte y de avance.

Refrigeración durante el fresado (fig. 132,2; T. 142, 2, pág. 142).
Una buena refrigeración con medios refrigerantes adecuados se traduce en mejora de la calidad superficial y en un aumento del tiempo de duración de la fresa. Aparte de esto, el medio refrigerante, que es proyectado con un chorro fuerte sobre el punto de corte, ha de arrastrar las virutas que se desprendan con objeto de que éstas no se queden enganchadas entre la superficie de trabajo y los dientes de la fresa.

Normas para el fresado.

1. Escójase para el trabajo una máquina adecuada.
2. Escójanse los útiles de fresar adecuados.
3. Vigílese que la fresa gire redonda.
4. No deben emplearse fresas embotadas.
5. La pieza debe quedar firmemente sujeta y bien segura, pero sin torcerla; empléense los tornillos de sujeción adecuados.
6. Establézcase el número de revoluciones y el avance convenientes.
7. Antes de poner en marcha el avance, véase si la pieza, o la mesa de fresar, tropieza en alguna parte.
8. Refrigérese a su debido tiempo.

Prevención de accidentes durante el fresado.

1. ¡No pretenda coger nada a través de la fresa funcionando!
2. ¡Las virutas deben ser separadas con una brocha o un gancho adecuado, pero nunca con los dedos!
3. ¡No haga mediciones sino con la máquina parada!

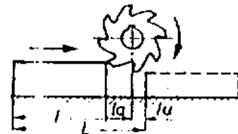


Fig. 132,3. Trayecto de trabajo en el fresado.

Cálculo del tiempo principal en el fresado.

$$\text{Tiempo principal} = \frac{\text{trayecto de trabajo de la mesa de fresar (en mm)}}{\text{velocidad de avance (en mm/min)}} \quad \boxed{t_p = \frac{L}{s'}} \quad \text{en min.}$$

El trayecto de trabajo (L) depende de la longitud de la pieza (l), del recorrido anterior l_a y del recorrido ulterior l_u (fig. 132,3).

Ejemplo Se trata de mecanizar, empleando una fresa cilíndrica y con una sola pasada de fresado de desbastar, un listón de St 42.11 de 250 mm de longitud. Calcúlese el tiempo principal.
Datos: l_a = 30 mm, l_u = 5 mm, velocidad de avance 100 mm/min.
Solución $L = l + l_a + l_u = 250 \text{ mm} + 30 \text{ mm} + 5 \text{ mm} = 285 \text{ mm}$

$$t_p = \frac{L}{s'} = \frac{285 \text{ mm}}{100 \text{ mm/min}} = 2{,}85 \text{ min.}$$

FRESADO DE SUPERFICIES PLANAS

En casi todas las piezas existen superficies planas, siendo su utilidad muy variada (fig. 133,1). El mecanizado de estas superficies puede realizarse, además de por fresado, por cepillado, por torneado o por amolado. La calidad superficial se elige de acuerdo con la finalidad que haya de cumplir la superficie. Las superficies de apoyo pueden, por ejemplo, obtenerse por desbastado, por afinado o por afinado fino.

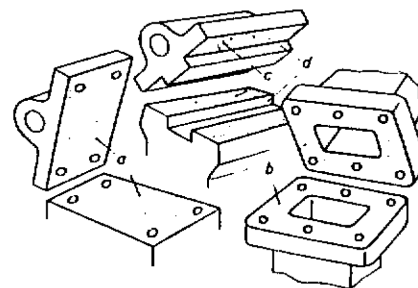


Fig. 133,1. (izquierda). Ejemplos de superficies planas. *a)* Superficie de apoyo; *b)* superficie de junta estanca; *c)* superficie de deslizamiento; *d)* superficie de guía.

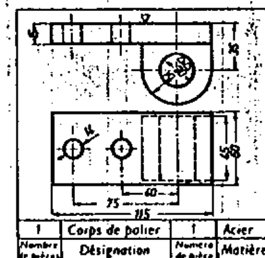


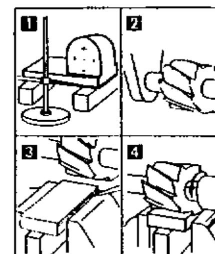
Fig. 133,2. (derecha). Plano de taller.

Ejemplo de trabajo.

Trabajo encargado
Mecanizar por fresado la superficie de apoyo del soporte soldado de la figura 133,2.
Se da por supuesto que disponemos para este trabajo de una fresadora horizontal. Como procedimiento de mecanizado se elige el fresado cilíndrico.

Plan de trabajo.

	Fases del trabajo	Herramientas
1	Trazado	Gramil
2	Sujeción de la fresa y comprobación de si gira redonda	Fresa cilíndrica ⌀ 60 Vástago de fresa
3	Sujeción de la pieza	Tornillo de máquina
4	Fresado de la superficie	
Instrumentos de medición y verificación: pie de rey, regla de cabello		



Mecanizado de la superficie.

La superficie ha de obtenerse desbastada mediante *una* pasada. La pieza a mecanizar se sujeta teniendo en cuenta la línea de gramil trazada.

El número de revoluciones de la fresa se obtiene partiendo de la velocidad de corte y del diámetro de la fresa. La profundidad de fresado se ajusta mediante cambio conveniente de altura de la mesa de consola, móvil. Después del fresado ha de aparecer visible la mitad de cada uno de los granetazos del trazado. Después de ajustados han de fijarse la mesa de consola y el carro transversal. El avance puede ser escogido hasta de 100 mm/min. Para aproximación de la pieza, se maniobra el carro longitudinal con la palanca correspondiente hasta cerca de la fresa, se pone en marcha el avance y se establece la refrigeración.
Durante el fresado no debe pararse la máquina, pues de lo contrario se produciría un resalto en la superficie.

Verificación de la superficie.

Puede comprobarse si la superficie está plana empleando el procedimiento de la rendija de luz con una regla de cabello (fig. 133,3).

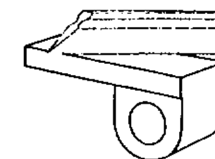


Fig. 133,3. Verificación de si la superficie está plana.

Verificación de superficies planas.

Procedimiento de la rendija de luz. Para comprobar si una superficie está plana se coloca una regla de acero con la superficie estrecha de la misma aplicada contra la superficie de la pieza. Las irregularidades se manifiestan por la rendija de luz que aparece entre pieza y regla (fig. 134,1). La verificación por el procedimiento de la rendija de luz es muy exacto. Con un poco de práctica y buena luz puede apreciarse hasta una rendija de luz de 10 μ.

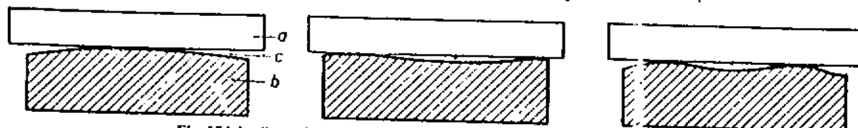


Fig. 134,1. Superficies defectuosas. *a*) Regla; *b*) pieza; *c*) rendija de luz.

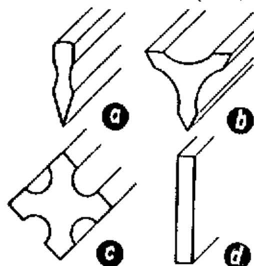


Fig. 134,2. Reglas de acero. *a*) Regla de cabello; *b*) regla de tres aristas (grado de exactitud 1); *c*) regla de cuatro aristas (grado de exactitud 2); *d*) regla de taller con sección rectangular (grados de exactitud 3 y 4).

Las partes de la regla que se utilizan para la verificación están rectificadas y tienen la forma de un filo de cuchillo, de una arista o de una superficie estrecha (fig. 134,2). Se distinguen reglas con 4 grados de exactitud. Para preservarlas contra el desgaste, las reglas de cabello * y las de tres o cuatro aristas van templadas. Para la comprobación de una superficie desbastada basta con un regla de taller. Ésta debe ser colocada bien normal a la superficie que se verifica (fig. 134,3). Ladeando la regla es verdad que la rendija luminosa resulta más visible, pero también lo es que el resultado del ensayo puede ser erróneo porque los lados de la regla pueden no ser planos y la regla puede ser curva. Para hacer el ensayo hay que colocar la regla sucesivamente en diversos lugares y en distintas direcciones. Una superficie afinada o con afinado fino se verifica por el mismo procedimiento, pero con reglas de los grados de exactitud 1 ó 2.

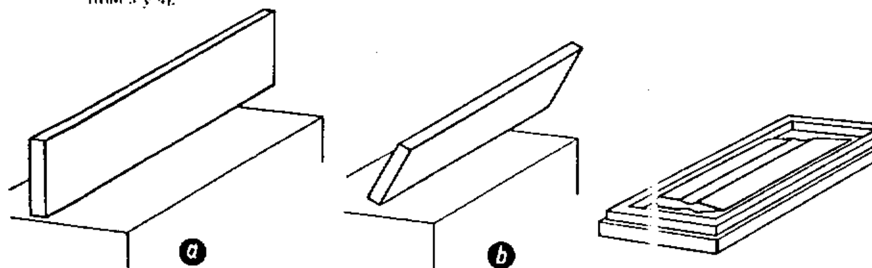


Fig. 134,3. Verificación con la regla de taller. *a*) Regla colocada normalmente a la superficie (colocación correcta); *b*) regla ladeada (colocación defectuosa).

Fig. 134,4. Modo de guardar la regla de cabello.

Procedimiento del entintado. ** La superficie cuya planitud *** se quiere comprobar se coloca sobre una placa o un mármol previamente pintado con tinta china o con otra pintura a la aguada y se frota sobre ella a un lado y a otro. Con esto se marcarán las partes salientes. El procedimiento se realiza, por lo general, en combinación con el rascado.



Fig. 134,5. Procedimiento del entintado. *a*) Placa entintada; *b*) pieza a verificar.

* *N. del T.*: Traducimos «Haarlineal» por «regla de cabello»; son las reglas cuyo canto útil para la verificación está constituido por una arista o un filo muy finos.
** *N. del T.*: Traducimos así la palabra alemana «Tuschierverfahren».
*** *N. del T.*: Traducimos por «planitud», la palabra «Ebenheit», que indica hasta qué punto una superficie concuerda con un plano geométrico perfecto, y que ya se ha empleado en otras obras.

FRESADO DE CHAVETEROS

Los cubos de acoplamientos, poleas, ruedas dentadas, etc., pueden hacerse solidarios del árbol por medio de chavetas longitudinales o de chavetas de deslizamiento o engastadas.

Las chavetas longitudinales sirven para afianzar. Tienen todas cono y han de ser introducidas a golpes.

Las chavetas engastadas sirven para establecer un enlace de arrastre y no tienen cono. Se emplean cuando el cubo deba poderse desplazar como, por ejemplo, en acoplamientos desembragables.

Tanto la altura y la anchura de las chavetas como las profundidades de los chaveteros en árboles y cubos están normalizados.

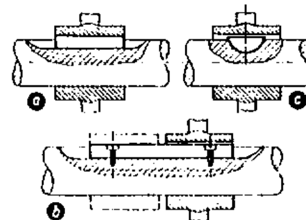


Fig. 135,1. (izquierda). Ejemplos de chavetas. *a*) Chaveta lisa; *b*) chaveta de deslizamiento; *c*) chaveta redonda.

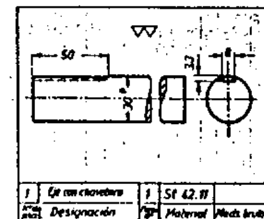


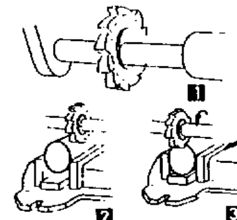
Fig. 135,2. (derecha). Plano de taller.

Ejemplo de trabajo.

Trabajo encargado Fresar en el árbol de la figura 135,2 un chavetero para una chaveta de deslizamiento con una fresa de ranurar y empleando la fresadora horizontal.

Plan de trabajo.

	Fases del trabajo	Herramientas
1	Sujeción de la fresa y comprobación de su modo de girar	Fresas para ranuras ∅ 60 Vástago de fresa ∅ 22
2	Sujeción de la pieza y fresado del chavetero	Tornillo de máquina
Instrumento de medición y verificación: calibres de caras paralelas, escuadra, calibre de profundidades para ranuras exteriores.		



Mecanizado del chavetero.

La fresa a emplear puede ser una de ranurar de las de dientes puntiagudos o de las de con despulla. El árbol hay que disponerlo con todo cuidado horizontalmente y en posición longitudinal (figura 135,3). Una vez ajustada la pieza al centro de la fresa se fija el carro transversal (fig. 135,4).

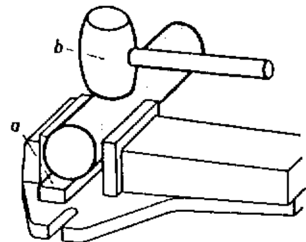


Fig. 135,3 (izquierda). Colocación del eje utilizando el mazo de madera. *a*) Pieza paralelepipédica; *b*) mazo de madera.

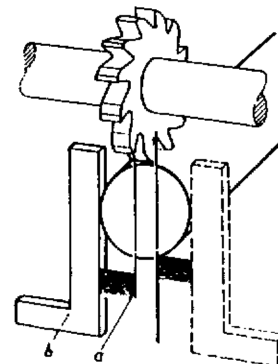


Fig. 135,4 (derecha). Ajuste del eje al centro de la fresa; *a*) calibres normales de caras paralelas; *b*) escuadra.

Para ajustar la profundidad del chavetero se puede utilizar el anillo divisor (figura 136,1).

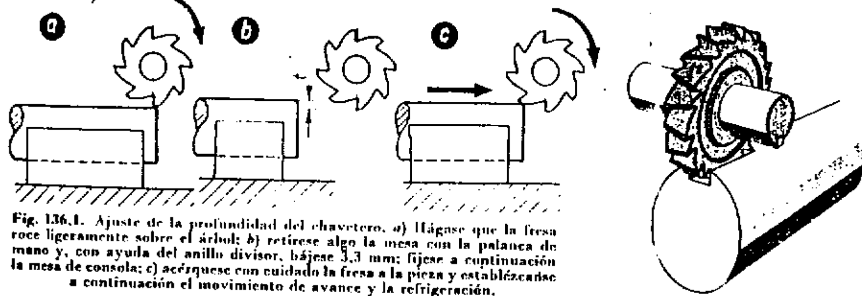


Fig. 136,1. Ajuste de la profundidad del chavetero. *a*) Hágase que la fresa roce ligeramente sobre el árbol; *b*) retírese algo la mesa con la palanca de mano y, con ayuda del anillo divisor, bájese 3,3 mm; fíjese a continuación la mesa de consola; *c*) acérquese con cuidado la fresa a la pieza y establézcanse a continuación el movimiento de avance y la refrigeración.

Fig. 136,2. Fresado del chavetero.

Verificación del chavetero.

La anchura del chavetero puede verificarse por medio de calibres normales de caras paralelas (fig. 136,3). Para medir la profundidad de la ranura viene bien el empleo del calibre de profundidades para ranuras exteriores (fig. 136,4). La posición centrada de la ranura se verifica con calibres normales de caras paralelas y con el amplificador de esfera (fig. 136,6,7).

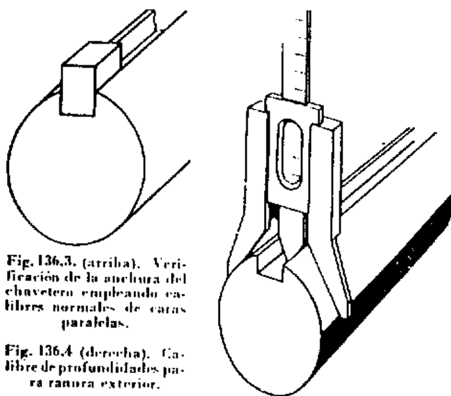


Fig. 136,3 (arriba). Verificación de la anchura del chavetero empleando calibres normales de caras paralelas.

Fig. 136,4 (derecha). Calibre de profundidades para ranura exterior.

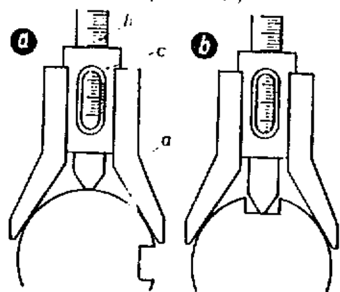


Fig. 136,5. Medición de la profundidad de la ranura. *a*) Colóquese la horquilla *a* sobre el árbol; bájese la lengüeta de medición *b* hasta el árbol; póngase a cero con la lengüeta de medición la corredera *c*; *b*) con el así ajustado instrumento de medida mídase la profundidad de la ranura bajando la lengüeta de medición.

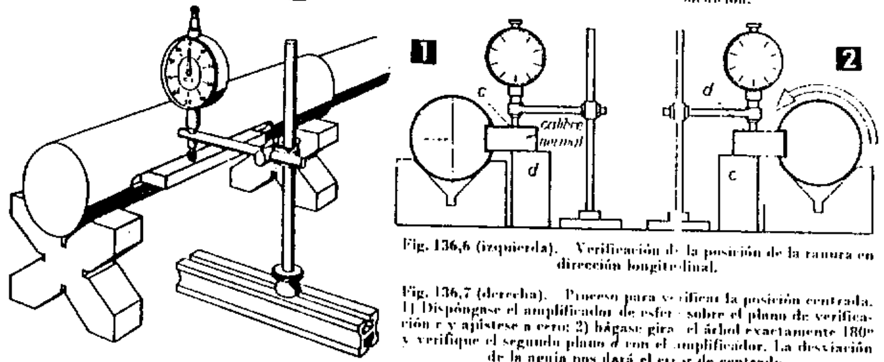


Fig. 136,6 (izquierda). Verificación de la posición de la ranura en dirección longitudinal.

Fig. 136,7 (derecha). Proceso para verificar la posición centrada. 1) Dispóngase el amplificador de esfera sobre el plano de verificación *c* y ajústese a cero; 2) hágase girar el árbol exactamente 180° y verifique el segundo plano *d* con el amplificador. La desviación de la aguja nos dará el error de centrado.

FRESADO DE PLACAS DE GUÍA

Frecuentemente se usan como guías o correderas, piezas provistas de superficies paralelas o formando ángulo recto (fig. 137,1). Ahora bien, no queda garantizado un buen ajuste nada más que cuando las superficies que han de ajustar entre sí, además de ser planas, son paralelas

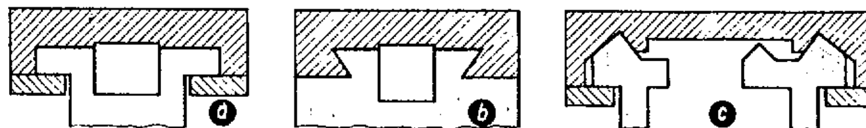


Fig. 137,1. Ejemplos de correderas. *a*) Corredera con sección rectangular; *b*) corredera en cola de milano; *c*) corredera de lomo bombeado.

y forman ángulo recto. Las superficies de guía son frecuentemente lijadas o rectificadas después del fresado.

Ejemplo de trabajo.

Trabajo encargado Fresado de una placa corredera (figura 137,2) en una fresadora vertical.

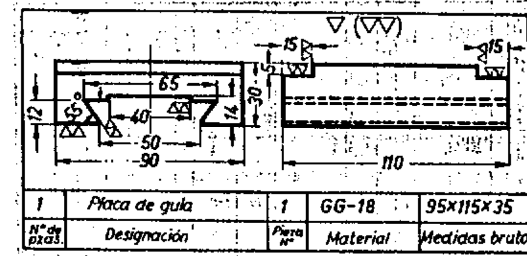
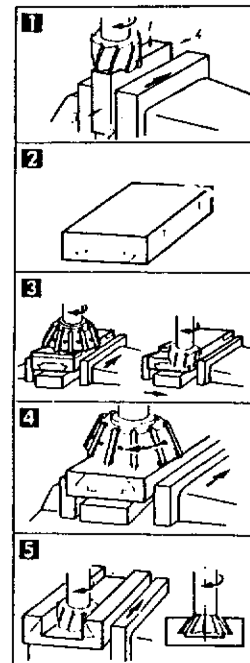


Fig. 137,2. Plano de taller.

Plan de trabajo.

	Fases del trabajo	Herramienta
1	Fresado de las cuatro superficies estrechas *a*) Sujeción de la fresa *b*) Sujeción de la pieza y nivelación y alineación de la misma *c*) Fresado de las superficies estrechas	Fresa cilíndrica ⌀ 50 Tornillo de sujeción
2	Trazado	Gramil; escuadra; transportador universal
3	Fresado de las superficies superiores *a*) Sujeción del plato de cuchillas *b*) Sujeción de la pieza y nivelación y alineación de la misma *c*) Desbastado de la superficie *d*) Sujeción de la fresa frontal cilíndrica *e*) Desbastado y afinado de los dos rebajos	Plato de cuchillas ⌀ 100 Fresa frontal cilíndrica ⌀ 50
4	Fresado de la superficie inferior *a*) Sujeción de la cabeza de cuchillas *b*) Sujeción de la pieza y alineación y nivelación de la misma *c*) Desbastado y afinado de la superficie	Plato de cuchillas ⌀ 100
5	Fresado de las guías en cola de milano *a*) Sujeción de la fresa frontal cilíndrica *b*) Fresado preliminar de las guías *c*) Sujeción de la fresa angular *d*) Fresado de las guías	Fresa frontal cilíndrica ⌀ 50 Fresa angular



Mecanizado de la placa de guía.

Para el fresado de la placa de guía hay que empezar por determinar el número de revoluciones de la fresa y el avance. Supongamos que disponemos de una fresadora vertical con los números de revoluciones y los avances indicados en las páginas 130 y 131, respectivamente.

El fresado frontal se realiza con la fresa frontal cilíndrica ⌀ 50.

a) Velocidad de corte según T. 130,1 : desbastado 12 m/min, afinado 18 m/min.
b) Número de revoluciones según T. 142,1 : desbastado 76 rev/min, se escoge 64 rev min; afilado 115 rev/min y se toma 113 rev/min.
c) Velocidad de avance según T. 130,1 : desbastado 140 mm/min, se elige 167 mm/min; afinado 70 mm/min y se elige 99 mm/min.

Se prescinde aquí del cálculo de la velocidad de avance.

Del mismo modo se determinan los números de revoluciones y los avances para el fresado con el plato de cuchillas y con la fresa.

Medición y verificación de la placa de guía.

Para medición de la longitud, de la anchura y del espesor se utilizan los instrumentos corrientes de medida, por ejemplo, pie de rey, calibre de profundidades y pálmer. La planitud, la inclinación y el paralelismo pueden verificarse de diferentes modos (figs. 138,1 ... 8).

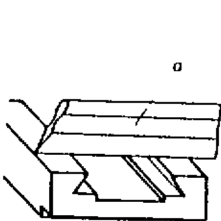
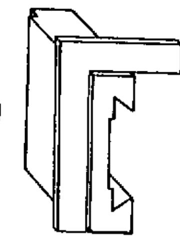
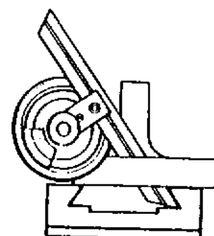
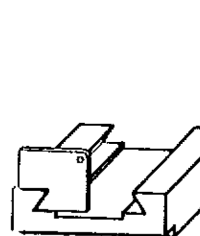
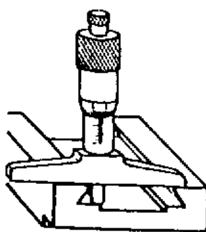


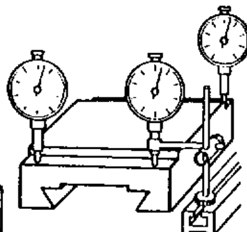
Fig. 138,1. Verificación de la planitud con la regla de cabello *a*.


Fig. 138,2. Verificación de la perpendicularidad por medio de la escuadra.


Fig. 138,3. Verificación de la inclinación de la guía en cola de milano por medio del transportador universal.


Fig. 138,4. Verificación de la inclinación de la cola de milano por medio de una plantilla. Con el empleo de la plantilla puede uno ahorrarse las verificaciones indicadas en figs. 138,3 y 138,5.


Fig. 138,5. Verificación de la profundidad de la cola de milano y del paralelismo de las caras superior e inferior de la corredera por medio del calibre de profundidades micrométrico.


Fig. 138,6. Verificación del paralelismo de las caras de la corredera por medio del amplificador de esfera.

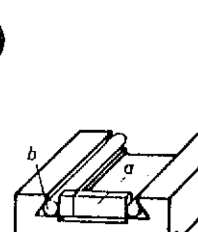


Fig. 138,7. Verificación del paralelismo de las superficies de guía inclinadas por medio de calibres normales de caras paralelas y de una espiga auxiliar.

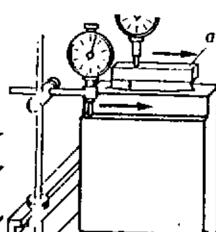
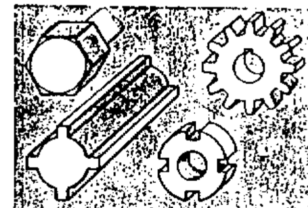


Fig. 138,8. Verificación de las caras cruzadas por medio de escuadra y amplificador de esfera. La escuadra debe tener uno de los lados en forma de cilindro para poderlo adaptar a la guía en cola de milano.

FRESADO DE PIEZAS HEXAGONALES

Las piezas cuya periferia está constituida por caras o por entalladuras repartidas regularmente se emplean en las formas más diversas (fig. 139,1).


Fig. 139,1. (izquierda). Ejemplos de piezas con entrantes y salientes regularmente repartidos. *a*) Tornillo; *b*) árbol ranurado; *c*) rueda dentada; *d*) tuerca de anillo.

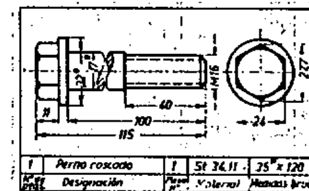


Fig. 139,2. Plano de taller.

Ejemplo de trabajo.

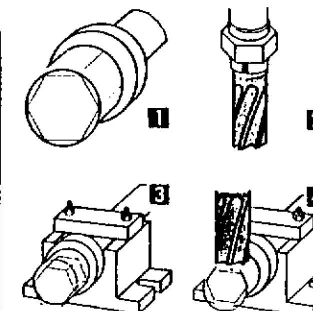
Trabajo encargado:

Fresado, en un perno, de una cabeza hexagonal (figura 139,2) valiéndose de una fresadora vertical.

Se da por supuesto que no disponemos de un plato divisor (véase página 141).

Plan de trabajo.

	Fases del trabajo	Herramienta
1	Trazado	Gramil, pieza uve
2	Sujeción de la fresa	Fresa de vástago ⌀ 20, DIN 845
3	Sujeción de la pieza	Pieza uve de sujeción
4	Fresado de la cabeza hexagonal	
Instrumentos de medición y verificación: pie de rey, plantilla angular de 120°		



Mecanizado de la cabeza hexagonal.

Durante el fresado hay que atender a una repartición regular de las superficies (figura 139,2).

Observación: El fresado con ayuda del prisma de sujeción constituye sólo *una solución de fortuna*. Para obtener una repartición más exacta de las caras se hace uso de un plato divisor.

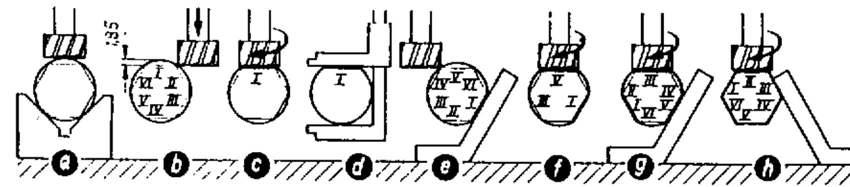


Fig. 139,3. Orden de sucesión de las operaciones en el fresado de una pieza hexagonal. *a*) Hágase que la fresa roce sobre la pieza; *b*) colóquese después la fresa 1,85 mm más baja; *c*) fresado de la primera cara (I); *d*) medición de la primera cara; *e*) gírese la pieza en 120°; *f*) fresado de la segunda cara (V); *g*) giro de la pieza y fresado de la tercera cara (III); *h*) gírese la pieza y frésense las caras II, IV y VI.

Medición y verificación de la cabeza hexagonal.

La distancia entre caras opuestas se mide con el pie de rey. Para verificar la posición de las caras se utiliza la plantilla de 120°.

División con aparatos para dividir.

Con objeto de repartir exactamente en la periferia de una pieza las entalladuras y salientes de que se la quiera dotar se utilizan los platos divisores que hacen inútil el trazado.

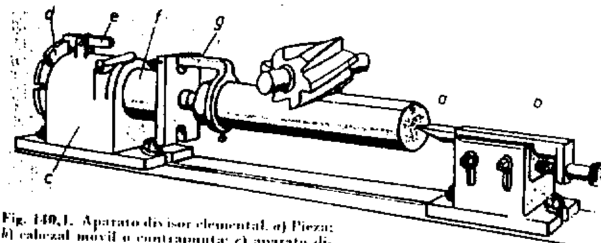


Fig. 140,1. Aparato divisor elemental. *a*) Pieza; *b*) cabezal móvil o contrapunta; *c*) aparato divisor constituido por disco divisor *d*, trinquete *e*, husillo divisor *f* y pieza de arrastre *g*.

El **aparato divisor elemental** (fig. 140,1) resulta suficiente cuando se quiere establecer un reducido número de divisiones. La pieza se coloca entre las puntas del cabezal divisor y del cabezal móvil. Sobre el husillo divisor se halla dispuesto un disco recambiable provisto de tantas entalladuras como divisiones queramos obtener en la pieza a mecanizar. Después de cada giro se mantiene el disco en su nueva posición por medio de un trinquete. Este método de trabajo se llama de *división directa*.

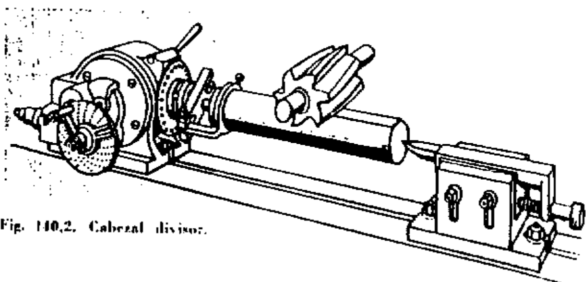


Fig. 140,2. Cabezal divisor.

El **cabezal divisor** (figuras 140,2,3) sirve para realizar un gran número de divisiones. En la carcasa se encuentra un mecanismo de tornillo sin fin con relación de 1 : 40. La rueda helicoidal se halla firmemente calada en el husillo divisor. El disco divisor, que es recambiable, permanece fijo y está unido a la carcasa por medio de una clavija. A cada cabezal divisor le corresponden tres platos divisores cuyas circunferencias con agujeros tienen distintos números de agujeros (T. 140,1).

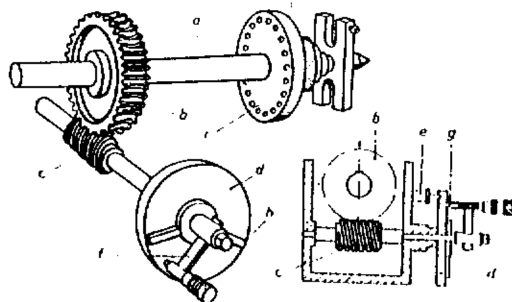


Fig. 140,3. Elementos principales del cabezal divisor. *a*) Husillo divisor; *b*) rueda helicoidal; *c*) tornillo sin fin; *d*) plato divisor; *e*) clavija de inmovilización; *f*) manivela; *g*) clavija indicadora de la división; *h*) brazo de la tijera ajustable; *i*) plato divisor para división directa.

La manivela para hacer girar el tornillo sin fin puede correrse hacia el centro. Lleva una clavija divisora con la cual se establece la división sobre el plato divisor. Un compás o tijera de abertura ajustable ahorra el recuento de agujeros al dividir. Por motivo de ser desplazada la pieza por intermedio del tornillo sin fin, el proceso se llama de *división indirecta*.

T. 140,1. Números corrientes de agujeros en las circunferencias del plato divisor

I	15	16	17	18	19	20
II	21	23	27	29	31	33
III	37	39	41	43	47	49

División por medio del plato divisor.

Con objeto de poder hacer divisiones hay que determinar el número de revoluciones de la manivela.

Notaciones:
nk = número de revoluciones de la manivela.
z = número de dientes de la rueda helicoidal (por lo general, 40).
t = número de divisiones (por ejemplo, 4, 6, 8, 10, 12 divisiones).

El número de revoluciones de la manivela se obtiene dividiendo el de dientes de la rueda helicoidal por el número de divisiones.

Ejemplo: Se trata de fresar una pieza hexagonal. ¿Cuántas vueltas tendremos que dar a la manivela para que la pieza gire, después de cada operación de fresado, en 1/6 de circunferencia?

Solución: Número de revoluciones de la manivela $nk = \frac{z}{t}$; $nk = \frac{40}{6} = 6\frac{4}{6}$ rev, es decir que la manivela habrá de ser girada $6\frac{4}{6} = 6\frac{2}{3}$ veces.

Modo de operar: Se elige una circunferencia cuyo número de agujeros sea divisible por 3, por ejemplo la circunferencia de 15 agujeros (T. 140,1).

a) Se cuentan ahora $\frac{2}{3} \cdot 15 = 10$ agujeros y se establece la abertura correspondiente de los brazos de la tijera.
b) Después de fresar la primera cara se da a la manivela 6 vueltas completas más el ángulo correspondiente a 10 agujeros.
c) En seguida de hecho esto se aplica la abertura de los brazos de la tijera contra la parte posterior de la clavija.

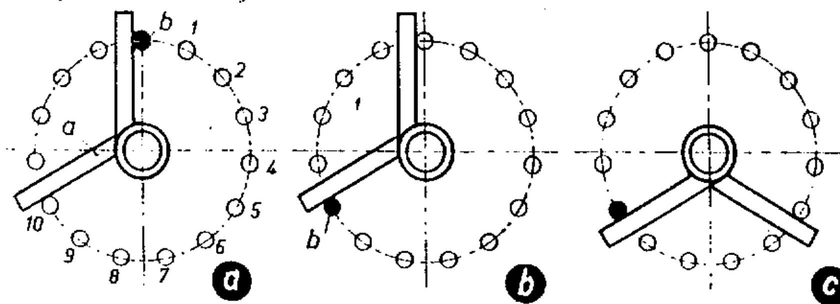


Fig. 141,1. División con el plato divisor. *a*) Ángulo ajustable; *b*) clavija de la manivela.

División diferencial. Las divisiones que no se pueden conseguir con la división directa o con la indirecta se pueden obtener con ayuda de ruedas cambiables mediante lo que se llama división compensada o diferencial.

El plato diferencial queda suelto en la división diferencial y recibe del husillo diferencial a través de las ruedas cambiables un movimiento en la misma dirección o en dirección inversa a la de la manivela. Los números de dientes de las ruedas cambiables se determinan por cálculo.

T. 141,1. Número de dientes de las ruedas cambiables

24	24	28	32	36	40	44
48	56	64	72	86	100	

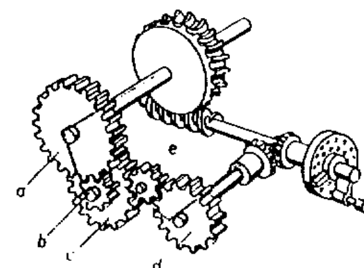


Fig. 141,2. División diferencial. *a* ... *d* ruedas cambiables.

T. 142,1. NÚMERO DE REVOLUCIONES DE LAS FRESAS POR MINUTO

Velocidad de corte v en m/min	Diámetro de la fresa d en mm									
	40	50	60	75	90	110	130	150	175	200
6	48	38	32	26	21	17	15	13	11	10
8	64	51	42	34	28	23	20	17	15	13
10	79	64	53	42	35	29	24	21	18	16
12	96	76	64	51	42	35	29	25	22	19
14	112	89	73	60	50	40	34	30	26	22
18	145	115	96	76	64	52	44	38	33	29
22	175	140	117	93	77	64	54	47	40	35
26	210	165	140	110	91	75	65	56	48	42
30	240	190	160	128	105	87	73	64	55	48
35	280	225	185	150	125	100	86	74	64	56
40	320	255	210	170	140	116	98	86	72	64
45	360	287	240	190	160	130	110	95	82	72
50	400	318	265	212	177	145	122	106	91	80

Ejemplo: Velocidad de corte $v = 22$ m/min, diámetro de la fresa $d = 60$ mm. Se trata de buscar el número de revoluciones de la fresa por minuto.

Solución: En la tabla anterior se toma en $v = 22$ m/min hacia la derecha y en $d = 60$ mm hacia abajo. En la intersección de ambas líneas se encuentra, para velocidad de la fresa, la cifra 117 revoluciones por minuto.

T. 142,2. MEDIOS REFRIGERANTES Y LUBRICANTES PARA EL FRESADO

Material a fresar	Medio refrigerante y lubricante
Aceros sin alear y aleados de resistencia media	taladrina
Acero de elevada resistencia, fundición dura	aceite de corte
Fundición gris, materiales sintéticos y prensados	en seco
Latón, bronce	taladrina o aceite de corte
Aluminio, aleación de aluminio	taladrina o en seco
Aleaciones de aluminio	en seco o aceites de corte especiales

T. 142,3. CANTIDAD ADMISIBLE DE VIRUTAS AL FRESAR

Clase de fresado	Cantidad V admisible de virutas en cm³ por kW min de potencia en la máquina					
	Acero sin alear 35...60 kg/mm² de resistencia	Acero aleado 60...80 kg/mm² de resistencia	Acero aleado hasta 100 kg/mm² de resistencia	Fundición gris (semidura)	Latón y bronce rojo	Metales ligeros
Fresado con fresa cilíndrica	12	10	8	22	30	60
			cm³ por kW min			
Fresado con fresas frontales	15	12	10	28	40	75

5. CEPILLADO DE PIEZAS

Lo mismo que el fresado, el cepillado constituye un importante procedimiento de trabajo para conseguir superficies planas y curvas (fig. 143,1).

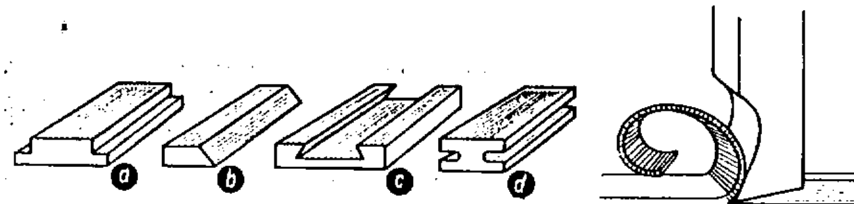
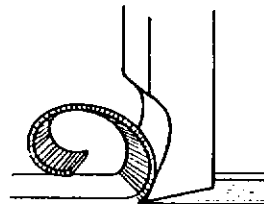


Fig. 143,1. Ejemplos de piezas cepilladas. a) y b) Listones de guía; c) guía en forma de cola de milano; d) punzón de forma.


Fig. 143,2. Arranque de la viruta durante el cepillado.

Las virutas se arrancan de la pieza en forma de cintas por virtud del movimiento principal rectilíneo (fig. 143,2). Para poder trabajar piezas cortas o largas existen máquinas cepilladoras de distintos tipos.

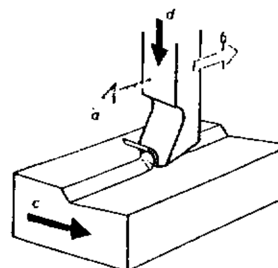


Fig. 143,3. Movimientos en el cepillado horizontal: a) carrera de trabajo; b) carrera en vacío; c) movimiento de avance; d) movimiento de ajuste del útil.

Máquina limadora, o cepilladora corta. Esta máquina se presta para trabajar piezas hasta de 800 mm de longitud. A causa de su movimiento principal horizontal la llaman algunos también mortajadora horizontal.

Para arrancar virutas son necesarios el movimiento principal, el de avance y el de ajuste del útil (figs. 143,3-4).

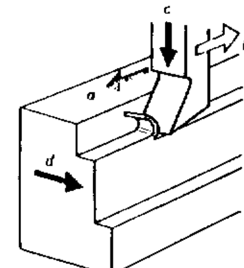
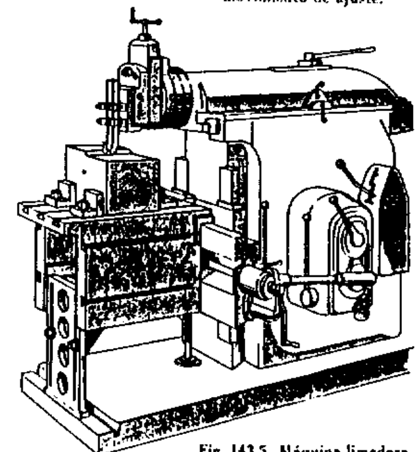


Fig. 143,4. Movimientos en el cepillado vertical. a) Carrera de trabajo; b) carrera en vacío; c) movimiento de avance; d) movimiento de ajuste.

El movimiento principal o movimiento de corte es realizado por el útil de cepillar. Se distingue entre carrera de trabajo y carrera en vacío. La viruta es arrancada durante la carrera de trabajo. Por medio de la carrera en vacío (retroceso) el útil vuelve hacia atrás sin arranque de viruta. Ambas carreras juntas constituyen la doble carrera.

El movimiento de avance es el que da lugar al espesor de la viruta. Para cepillar en dirección horizontal, la pieza, ya sujeta, que se va a trabajar, es movida contra el útil. En el cepillado vertical, es el útil el que se mueve contra la pieza.

El movimiento de ajuste sirve para graduar el espesor de la viruta. En el cepillado horizontal se obtiene, generalmente, mediante movimiento del útil en altura y en el cepillado vertical, por movimiento lateral de la pieza que se mecaniza.


Fig. 143,5. Máquina limadora.

Constitución de la limadora o máquina cepilladora corta (fig. 144,1).

El bástidor de la máquina soporta la mesa, el carro y, además, los mecanismos para los movimientos principal y de avance.

El carro de la limadora va dispuesto en una guía y produce el movimiento principal; en su cabezal lleva el carro portaútil. El útil va sujeto en el portaútil que está colocado en una placa articulada con charnela (figs. 144,2,3).

En el movimiento hacia adelante, o sea en la carrera de trabajo, la placa articulada es apretada por el esfuerzo de corte contra el soporte de la misma y en el movimiento de retroceso, o carrera en vacío, se levanta algo en virtud de su articulación con bisagra, con lo cual se evita el deterioro del útil y de la superficie que se trabaja.

El carro portaútil es movible para el cepillado de superficies inclinadas y con este objeto va provisto de una escala graduada.

El husillo que va en el interior del carro de la limadora sirve para ajustar la carrera de la máquina.

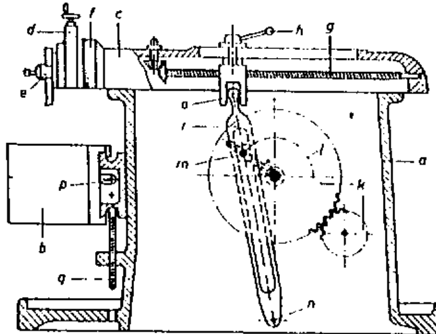


Fig. 144,1. Constitución de la limadora o máquina de cepillar corta. *a*) Bastidor o cuerpo de la máquina; *b*) mesa; *c*) carro de la limadora; *d*) carro portaherramientas; *e*) portaherramientas; *f*) escala graduada; *g*) husillo para regulación de la carrera; *h*) palanca de fijación; *i*) biela oscilante de corredera; *k*) engranaje de ruedas dentadas; *l*) disco-manivela; *m*) espiga de la manivela con pivote o taco de la corredera; *n*) eje de giro; *o*) articulación; *p*) desplazamiento lateral de la mesa.

La pieza puede estar sujeta en la mesa en diversos lugares de la misma (fig. 144,4). La carrera de la máquina ha de ajustarse, por lo tanto, con relación a la pieza. Para desplazar la carrera hacia adelante o hacia atrás, se afloja el tornillo de fijación y se corre el carro a la posición deseada, haciendo girar para ello el husillo horizontal.

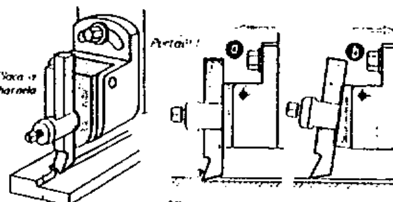


Fig. 144,2. Placa a charnela con su soporte.

Fig. 144,3. Modo de trabajar la placa a charnela durante el cepillado. *a*) Carrera de trabajo; *b*) carrera en vacío.

La mesa sirve para sujetar a ella la pieza. Puede desplazarse lateralmente y en altura, por medio de husillos.

El accionamiento principal da lugar al movimiento de ida y vuelta del carro de la limadora. El movimiento motor giratorio es transformado, generalmente, mediante una biela oscilante de corredera, en el movimiento rectilíneo del carro de la limadora.

Un motor imprime movimiento rotatorio uniforme al disco-manivela a través de un mecanismo de engranajes. En la ranura del disco-manivela está dispuesta una espiga que puede desplazarse hacia el centro mediante accionamiento de un husillo. La espiga lleva un pivote o taco de corredera que desliza en la guía de la biela oscilante. En virtud del movimiento de giro del disco-manivela, la biela oscilante que tiene su centro de giro al pie de la máquina, oscila a un lado y a otro con su extremo libre. Una articulación transmite al carro ese movimiento oscilante.

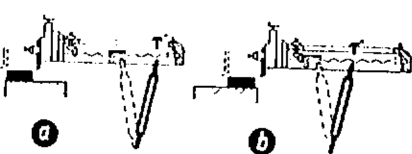


Fig. 144,4. Variación de la carrera: *a*) Adelanto de la carrera; *b*) retraso de la carrera.

Hay también máquinas cepilladoras con movimiento principal accionado hidráulicamente. *

* *N. del T.:* También se verifica la impulsión del movimiento de corte, aunque menos frecuentemente, por medio de una cremallera con inversión por un acoplamiento de fricción.

La longitud de la carrera se ajusta mediante desplazamiento de la espiga de la manivela. El retroceso del carro se realiza en un tiempo más corto que el movimiento hacia adelante (fig. 145,1).

Para una carrera larga (fig. 145,1), la espiga de la manivela tiene que estar muy alejada del centro del disco-manivela. La espiga recorre entonces durante la carrera de trabajo el trayecto de A a B (ángulo α) y en el retroceso el trayecto de B a A (ángulo β). El ángulo α es mayor que el ángulo β, por lo cual la carrera de trabajo dura más que la carrera en vacío. Esto es precisamente lo que conviene, ya que durante la carrera en vacío no se realiza trabajo eficaz alguno.

Ejemplo: $\alpha = 240°$; $\beta = 120°$; duración de una revolución = 3 segundos.

Calcúlese el tiempo de duración de la carrera de trabajo y de la carrera en vacío.

Solución: 1 revolución = 360° en 3 segundos.
carrera en vacío = 120° en 1 segundo
carrera de trabajo = 240° en 2 segundos.

Para una carrera pequeña se fija la espiga en las proximidades del centro. La diferencia de magnitudes de los ángulos α y β es pequeña en este caso, de modo que los tiempos invertidos en las carreras de trabajo y de retroceso no presentan gran diferencia entre sí.

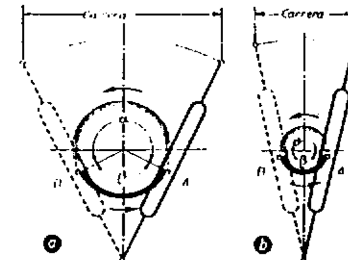


Fig. 145,1. Ajuste de la longitud de carrera. *a*) Carrera larga; *b*) carrera corta.

Velocidad de corte en el cepillado. Se designa por velocidad de corte (v_A) el recorrido en m/min que hace el útil durante la carrera de trabajo. La velocidad durante la carrera en vacío se llama velocidad de retroceso (v_R).

Ejemplo: Longitud de la carrera $L = 360$ mm; tiempo invertido en la carrera de trabajo $t_A = 0{,}03$ minutos; tiempo invertido en el retroceso $t_R = 0{,}015$ minutos.

Calcúlese la velocidad de corte v_A y la velocidad de retroceso v_R.

Solución: $\left(\text{velocidad} = \dfrac{\text{camino}}{\text{tiempo}}\right)$

Velocidad de corte: $$v_A = \frac{\text{longitud de la carrera (en m)}}{\text{tiempo invertido en la carrera de trabajo}};$$

$$v_A = \frac{L}{t_A} = \frac{0{,}36\ \text{m}}{0{,}03\ \text{min}} = 12\ \text{m/min}.$$

Velocidad de retroceso: $$v_R = \frac{\text{longitud de la carrera (en m)}}{\text{tiempo invertido en el retroceso}};$$

$$v_R = \frac{L}{t_R} = \frac{0{,}36\ \text{m}}{0{,}015\ \text{min}} = 24\ \text{m/min}.$$

En la práctica de taller se cuenta, por lo general, con una velocidad de corte media, resultante de v_A y v_R

$$\left(v_m = 2\ \frac{v_A \cdot v_R}{v_A + v_R}\right)$$

En el trabajo de cepillado con una máquina de accionamiento por biela oscilante de corredera, la velocidad de corte no es uniforme (fig. 145,2).

Al principio de la carrera, la velocidad de corte es nula. Crece después hasta un valor máximo v_A a la mitad de la carrera y disminuye nuevamente hasta el valor cero al final de la misma. Lo mismo ocurre para la velocidad de retroceso que ya hemos visto es mayor.

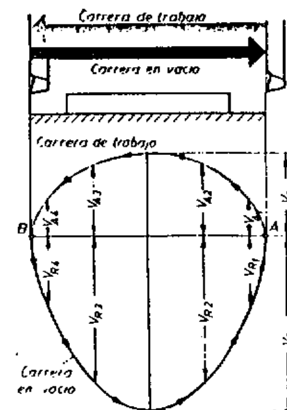


Fig. 145,2. Representación gráfica de las velocidades durante el cepillado.

Influencia de la longitud de carrera sobre la velocidad de corte. Para un número igual de revoluciones del disco-manivela, permanece también igual el número de carreras (1 revolución = 1 doble carrera). Si se varía la longitud de la carrera, variará también la velocidad, ya que el útil de cepillar hará en el mismo tiempo un recorrido de longitud distinta.

Accionamiento del avance. El avance entra en juego intermitentemente antes de cada carrera de trabajo. Accionando a mano el husillo de avance, se producirían superficies no muy limpiamente mecanizadas dado el irregular movimiento de las manivelas que resultaría inevitable. Este inconveniente queda solventado mediante el avance desmodrómico.

Un disco de carrera con ranura en T (fig. 146,1) es accionado por el árbol del disco-manivela. En la ranura puede deslizar un gorrón que puede también ser fijado en una posición cualquiera. En el husillo de la mesa va calada una rueda de trinquete en cuyos dientes se engatilla un trinquete.

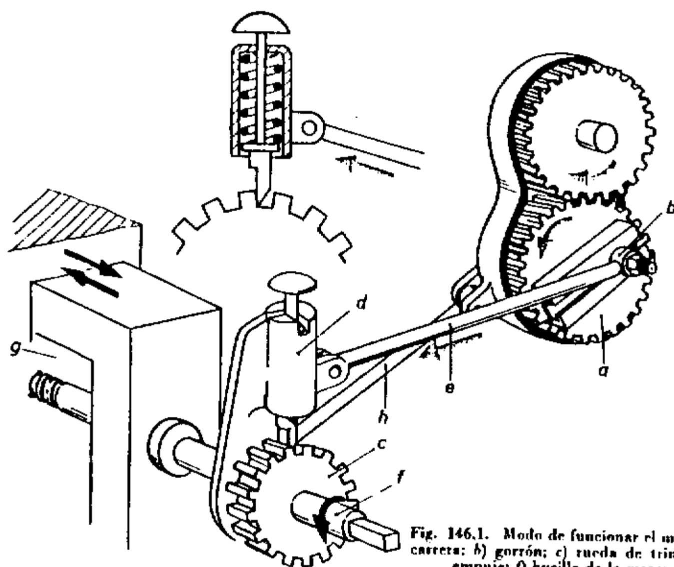


Fig. 146,1. Modo de funcionar el mecanismo de avance. *a*) Rueda de carrera; *b*) gorrón; *c*) rueda de trinquete; *d*) trinquete; *e*) barra de empuje; *f*) husillo de la mesa; *g*) mesa; *h*) barra de enlace.

El gorrón y el trinquete van unidos mediante una barra de empuje que imprime a la rueda de trinquete en su movimiento de ida y por medio del gatillo del trinquete, un corto movimiento de giro que se transmite al husillo de la mesa.

Al seguir moviéndose el disco *a*, retrocede nuevamente la barra de empuje. El trinquete biselado resbala entonces sobre la rueda correspondiente y vuelve a introducirse en un hueco. Mediante giro del trinquete en 180° puede variarse el sentido del avance.

La magnitud del avance puede ajustarse por medio de corrimiento del gorrón. Cuando se trata de desbastado, por ejemplo, el trinquete tiene que hacer avanzar a la rueda varios dientes y para el afinado, únicamente un diente.

Ejemplo: El husillo de la mesa tiene paso de 4 mm, es decir, que por cada vuelta que da se desplaza la mesa en 4 mm. La rueda de trinquete tiene 20 dientes. Cuando se corre un diente el husillo de mesa se desplaza en 4 mm: 20 = 0,2 mm.

Como consecuencia de la posición, variable en altura, de la mesa, la barra de empuje tendría que tener una longitud variable. Por medio de la barra de enlace se hace oscilar a la rueda propulsora *a* de tal modo que se tenga siempre una distancia igual hasta la mesa.

Útiles de cepillar.

Los útiles o cuchillas de cepillar se hacen principalmente de acero rápido, pero a veces están constituidos también a base de filos de metal duro.

La forma del filo de los útiles se elige de acuerdo con el trabajo de cepillado que se trate de realizar. Los útiles de cepillar se diferencian de los de tornear solamente en casos excepcionales (fig. 147,1).

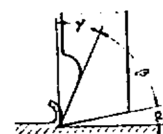


Fig. 147,1. Ángulos en el filo de útil de cepillar. α) Ángulo de incidencia; β) ángulo de filo; γ) ángulo de ataque.

Los útiles de desbastar deben arrancar en poco tiempo la mayor cantidad posible de viruta. Las grandes secciones de viruta exigen una forma robusta del filo.

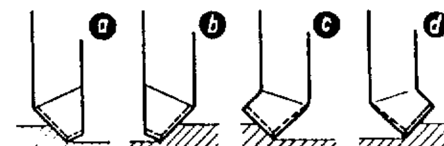


Fig. 147,2. Útiles de desbastar. *a*) Útil de desbastar a la izquierda, recto; *b*) útil de desbastar a la derecha, recto; *c*) útil de desbastar a la izquierda, curvado; *d*) útil de desbastar a la derecha, curvado.

Los útiles de afinar (fig. 147,3) han de dar a la superficie trabajada un aspecto limpio y por esta razón los filos son redondeados o planos. Un útil curvado hacia atrás se flexa separándose de la pieza al encontrar en ésta un punto duro, no deteriorándose la superficie trabajada como ocurriría al clavarse en ella si el útil no tuviera esa curvatura hacia atrás.

Para el mecanizado de piezas de formas variadas son necesarias otras **formas especiales de útiles** (fig. 147,4).

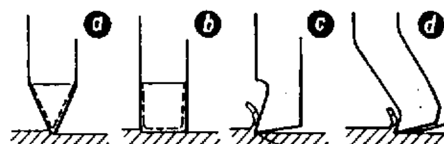


Fig. 147,3. Útiles de afinar. *a*) Útil de afinar en punta; *b*) útil de afinar, ancho; *c*) útil recto; *d*) útil curvado.

Sujeción de los útiles. Con objeto de que el útil no flexe hay que sujetarlo tan en corto como sea posible (fig. 147,5).

En el *cepillado horizontal*, el útil se mantiene perpendicular a la pieza que se trabaja. En este caso se levanta la placa a charnela con toda facilidad durante la carrera de retroceso del útil. Mediante la inclinación que se da al carro portaherramientas en el *cepillado oblicuo*, la placa charnela recibe una posición inclinada que es causa de que únicamente con dificultad vuelva a su asiento después de la carrera en vacío. Para evitar esto se coloca vertical el soporte de la placa citada. Cuando se trata de cepillar superficies interiores inclinadas y para el *cepillado vertical*, se fija la placa charnela con una clavija con objeto de que el útil no deteriore durante el retroceso la superficie trabajada (fig. 147,6).

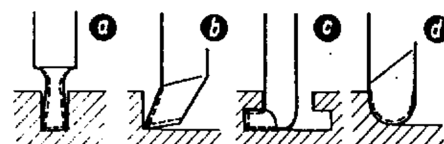


Fig. 147,4. Formas diversas de los útiles de cepillar. *a*) Útil de tronzar; *b*) útil de corte lateral; *c*) útil en forma de gancho; *d*) útil para ejecutar redondeamientos.

Fig. 147,5. Sujeción del útil. *a*) Útil sujeto en corto (correcto); *b*) útil sujeto en largo (defectuoso).

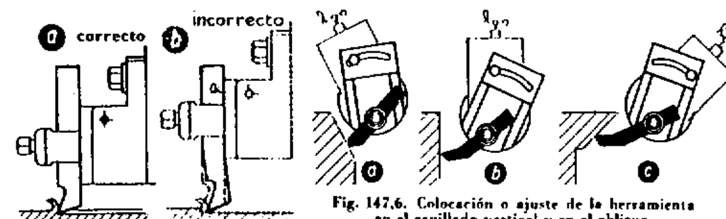


Fig. 147,6. Colocación o ajuste de la herramienta en el cepillado vertical y en el oblicuo.

Sujeción de las piezas.

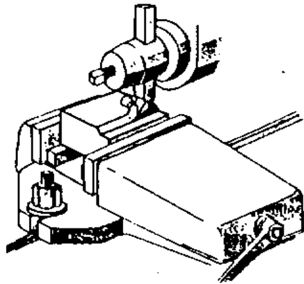


Fig. 148,1. Sujeción en el tornillo o mordaza de sujeción.

Mediante la sujeción se origina entre la pieza y los apoyos o calces un fuerte rozamiento que impide el deslizamiento de la misma al obrar sobre ella el esfuerzo de corte. La magnitud del rozamiento crece con la aspereza o rugosidad de las superficies de sujeción y con la presión ejercida por las mordazas. Esta última no puede, sin embargo, ser extraordinariamente grande, pues podría darse el caso de que se deformaran las piezas cuando son delgadas. La superficie de sujeción tiene que ser suficientemente grande, pues si es demasiado pequeña la presión por unidad de superficie podría resultar excesivamente grande y quedar, como consecuencia de ello, señaladas en la pieza las marcas de los sitios oprimidos. Las virutas y demás cuerpos extraños interpuestos hacen que la sujeción no sea buena y por esta razón deben limpiarse las superficies correspondientes antes de proceder a la sujeción.

Las piezas pequeñas se sujetan en el tornillo de sujeción o mordazas de la máquina (fig. 148,1). La pieza se levanta algo al cerrar la mordaza móvil y por esta razón hay que apretarla contra el fondo, golpeándola con el mazo de madera. Con auxilio de piezas paralelepipédicas se facilita la colocación y sujeción pero ha de atenderse a que con ellas no queden dificultadas las mediciones y verificaciones durante el mecanizado.

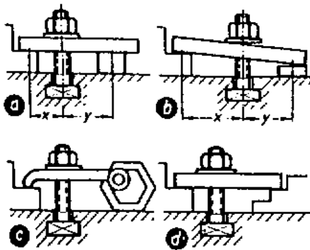


Fig. 148,2. Sujeción en la mesa de cepillar. a) Buen apoyo cuando x es lo más pequeño que sea posible; b) mal apoyo cuando x es demasiado grande con relación a y; c) mordaza de sujeción desplazable en altura; d) escalerilla de sujeción.

Las piezas grandes se sujetan sobre la mesa de cepillar (fig. 148,2). Como medios de sujeción se emplean tornillos y hierros o garras de sujeción. Las cabezas de los tornillos de sujeción han de ajustar bien en las ranuras en T de la mesa. El hierro o garra de sujeción transmite a la pieza la presión de sujeción. Tiene que estar dispuesto paralelamente a la superficie de sujeción con objeto de que el área de apoyo resulte suficientemente grande. Los tornillos de sujeción deben quedar cerca de la pieza para que, aprovechándose la acción de palanca, se produzca una fuerte presión sobre la pieza. Si ésta no puede sujetarse por arriba se recurre a sujetarla a la mesa mediante piezas laterales (fig. 148,3).



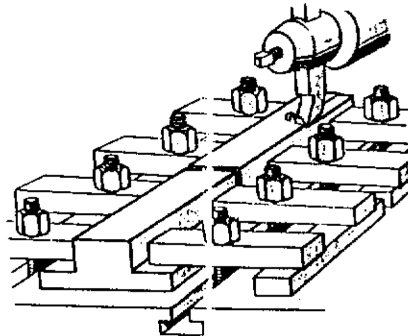


Fig. 148,3 (izquierda). Sujeción de piezas delgadas. a) Listón de tope; b) pieza; c) piezas para sujeción lateral; d) garra de sujeción con tornillo; e) tope delantero.

Fig. 148,4 (derecha). Sujeción de varias piezas.

Ajuste del número de dobles carreras.

El número de dobles carreras a establecer por minuto se rige por la velocidad de corte admisible y por la longitud de la carrera.

La *velocidad de corte* se saca de la tabla 149,1.

El *número de dobles carreras por minuto* puede leerse en la tabla correspondiente de la máquina (T. 149,2), teniendo en cuenta la velocidad de corte adoptada, pero puede obtenerse también por cálculo. Según sea el tipo de la máquina pueden establecerse diversas dobles carreras por minuto.

Determinación de las dobles carreras/minuto utilizando la tabla.

Ejemplo: Se trata de desbastar en una limadora una placa de fundición gris, haciendo uso de un útil de cepillar de acero rápido. Longitud de carrera = 300 mm. Supongamos que se quiera determinar el número de dobles carreras/minuto.

Solución Velocidad de corte según la tabla 149,1, aproximadamente igual a 14 m/min. Dobles carreras según la tabla 149,2 igual a 28 por minuto.

Cálculo de las dobles carreras/minuto.

$$\text{Dobles carreras/minuto } (n) = \frac{\text{velocidad media (en m/min)}}{\text{carrera doble (en m)}};\qquad n = \frac{v_m}{2 \cdot L}$$

Ejemplo: Longitud de carrera $L = 400$ mm; $v_m = 15$ m/min. Calcúlese el número de dobles carreras/minuto.

Solución: $n = \frac{v_m}{2 \cdot L} = \frac{15 \text{ m/min}}{2 \cdot 0.4 \text{ m}} \approx 20$ dobles carreras/min.

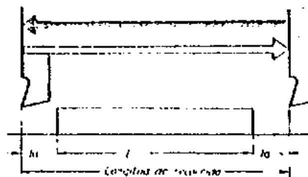
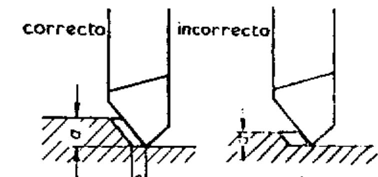


Fig. 149,1 (izquierda). Ajuste de la longitud de carrera. l) Longitud la pieza; l_v) recorrido anterior; l_u) recorrido ulterior.

Fig. 149,2 (derecha). Avance y profundidad de corte. a) Profundidad de corte; s) avance.



Ajuste de la longitud de la carrera (fig. 149,1).

La longitud de la carrera se compone de la longitud de la pieza l, del recorrido anterior l_v y del recorrido ulterior l_u. Con objeto de evitar tiempos inútiles de marcha en vacío, l_v y l_u deben ser escogidos no demasiado grandes. Por lo general, se toma $l_v = 20$ mm y $l_u = 10$ mm.

Ajuste del avance y de la profundidad de corte (fig. 149,2).

La magnitud del avance se rige por el tipo de mecanizado que haya de realizarse.

Sección de viruta = profundidad de corte × avance; $F = a \cdot s$.

La sección de viruta debe ser proporcionada a la potencia de la máquina.

Al desbastar debe ser la profundidad de corte de 3 a 5 veces mayor que el avance.

Al afinar hay que mantener tanto la profundidad de corte como el avance con un valor pequeño.

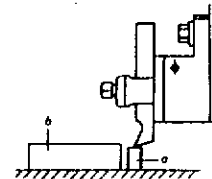


Fig. 149,3. Ajuste del útil de cepillar por medio de calibres normales de caras paralelas. a) Calibre de caras paralelas; b) pieza.

T. 149,1. Valores prácticos para la velocidad de corte (m/min) durante el cepillado

Herramienta de	Acero, resistencia en kg/mm² 40	60	80	Fundición gris	Bronce rojo, latón
Acero de herramientas	16	12	8	12	20
Acero rápido	22	16	12	14	30

T. 149,2. Elección del número de dobles carreras

Dobles carreras por minuto	Longitud de carrera en mm 100	200	300	400
	v_m en m/min			
28	5,3	10,2	14,2	18,2
52	9,8	19	26,2	33,6
80	15,2	29	41	52

Prevención de accidentes al cepillar.

1. Antes de poner en marcha la máquina, hágase primeramente girar una vez con cuidado para tener la seguridad de que ni el carro ni la mesa tropiezan en ninguna parte.
2. Las virutas no deben separarse sino con un gancho adecuado o con una brocha.
3. No deben hacerse mediciones sino con la máquina parada.

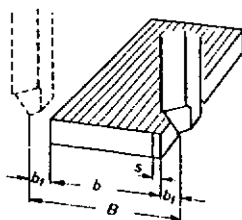


Fig. 150,1. Doble carrera necesaria en el cepillado. s) Avance; b) recorrido lateral anterior y ulterior; c) anchura de la pieza; B) anchura de cepillado.

Cálculo del tiempo principal en el cepillado.

L = longitud de la carrera; $L = l + l_a + l_v$
v_R = velocidad de retroceso en m/min
v_A = velocidad de corte en m/min
s = avance por cada doble carrera en mm

La ecuación fundamental para el cálculo del tiempo principal es:

$$\text{tiempo} = \frac{\text{camino}}{\text{velocidad}}$$

El camino es la longitud de la carrera. Con las velocidades v_A y v_R pueden calcularse los tiempos para las carreras de trabajo y de retroceso.

Tiempo para la carrera de trabajo $t_A = \dfrac{\text{longitud de la carrera (en m)}}{\text{velocidad de corte (m/min)}}$ $\boxed{t_A = \dfrac{L}{v_A}}$ en min.

Tiempo para la carrera en vacío $t_R = \dfrac{\text{longitud de la carrera (en m)}}{\text{velocidad de retroceso (m/min)}}$ $\boxed{t_R = \dfrac{L}{v_R}}$ en min.

Tiempo empleado en la doble carrera t = tiempo de la carrera de trabajo + tiempo de la carrera en vacío. $\boxed{t = t_A + t_R}$

Para cepillar una pieza será necesario un determinado número de dobles carreras dependiente de la magnitud del avance y de la anchura de cepillado. La anchura de cepillado se deduce de la de la pieza más los recorridos laterales anterior y ulterior, que son de 5 mm cada uno (fig. 150,1).

Anchura de cepillado B = anchura pieza + recorridos laterales anterior y ulterior.

$$\boxed{B = b + 2 \cdot 5 \text{ mm}}$$

Si se divide la anchura de cepillado por el avance se obtiene el número necesario de dobles carreras.

Número necesario de dobles carreras $Z = \dfrac{\text{anchura de cepillado}}{\text{avance}}$ $\boxed{Z = \dfrac{B}{s}}$

El tiempo principal se calcula multiplicando el número de dobles carreras por el tiempo de cada doble carrera.

Tiempo principal t_p = número dobles carreras × tiempo de una doble carrera $\boxed{t_p = Z \cdot t}$

Ejemplo: Se trata de dar un cepillado de desbaste a una placa y queremos averiguar el tiempo principal.

Datos: longitud de la placa = 260 mm, anchura = 90 mm, l_a = 30 mm, l_v = 10 mm, v_A = 10 m/min, v_R = 20 m/min, avance = 1 mm/doble carrera, recorridos lateral anterior y ulterior = 5 mm cada uno.

Solución:

1. Longitud de carrera $L = l + l_a + l_v$ = 260 mm + 30 mm + 10 mm = 300 mm;
2. Tiempo para la carrera de trabajo $t_A = \dfrac{L}{v_A} = \dfrac{0{,}3 \text{ m}}{10 \text{ m/min}} = 0{,}03$ min;
3. Tiempo para la carrera en vacío $t_R = \dfrac{L}{v_R} = \dfrac{0{,}3 \text{ m}}{20 \text{ m/min}} = 0{,}015$ mm;
4. Tiempo para una doble carrera $t = t_A + t_R$ = 0,03 min + 0,015 min = 0,045 min;
5. Anchura de cepillado $B = b + 2 \cdot 5$ = 90 mm + 2 · 5 mm = 100 mm;
6. Número de dobles carreras necesario $Z = \dfrac{100 \text{ mm}}{1 \text{ mm/doble carrera}}$ = 100 dobles carreras;
7. Tiempo principal $t_p = Z \cdot t$ = 100 dobles carreras × 0,045 min/doble carrera = 4,5 min.

CEPILLADO DE PIEZAS «UVE» PARA LA TALADRADORA

Trabajo encargado:

Confeccionar por cepillado una pieza «uve» (figura 151,1).

La pieza se suministra en longitud aproximada por exceso y con caras frontales trabajadas. Para el mecanizado se dispone de una limadora con accionamiento por biela oscilante.

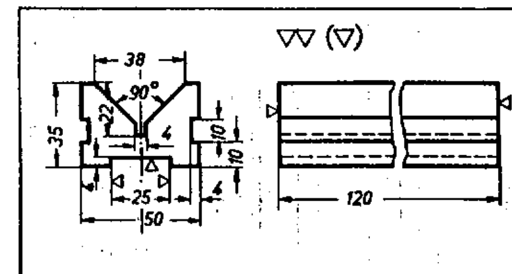
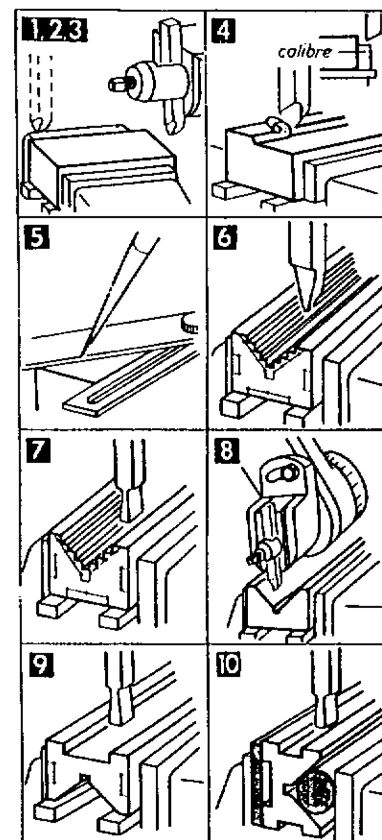


Fig. 151,1. Plano de taller.

Plan de trabajo.

	Fases del trabajo	Herramientas
1	Sujeción de la pieza y nivelación y alineación	Tornillo o mordazas de la máquina; piezas paralelepipédicas
2	Sujeción del útil de cepillar	Útil de desbastar a la izquierda, recto
3	Ajuste del número de dobles carreras y de la longitud de la carrera	
4	Cepillado sucesivo de las caras longitudinales (ajústese la profundidad de corte con calibres normales de caras paralelas)	Útil de desbastar a la izquierda, recto; útil de afinar de forma puntiaguda; calibres normales de caras paralelas
5	Trazado de la «uve», del vaciado inferior y de las ranuras	Escuadra; transportador; pie de rey; aguja de trazador; granete
6	Cepillado previo de la «uve»	Útil de afinar de forma puntiaguda
7	Sujeción del útil de tronzar y cepillado de la ranura	Útil de tronzar, recto
8	Se ladea el cabezal del portaútil, se sujeta el útil de afinar y se cepillan las caras inclinadas	Útil de afinar de forma puntiaguda
9	Se coloca el cabezal en su posición normal, se da la vuelta a la pieza y se cepilla el vaciado inferior	Útil de afinar de forma puntiaguda; útil recto de tronzar
10	Se gira la pieza y, una vez vuelta a sujetar, se cepillan las ranuras de las caras laterales	Útil recto de tronzar
11	Desbarbado	Lima de afinar
Instrumentos de medición y verificación: pie de rey, calibre de profundidades, escuadra, transportador universal.		

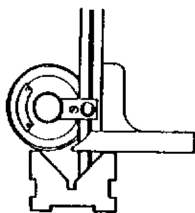




Mecanizado de la «uve» para la taladradora.

La pieza se sujeta en las mordazas de la máquina. Para ajustar la profundidad de corte se pueden emplear calibres normales de caras paralelas. El recorrido anterior debe ser de unos 20 mm y el ulterior de unos 10 mm. Dando por supuesto que puedan ajustarse los números de dobles carreras reseñados en la T. 149.2, sería adecuado adoptar las 52 dobles carreras por minuto. Al cepillar las superficies inclinadas hay que atender a que éstas sean tales que su intersección sea paralela a las superficies de apoyo, pues de lo contrario al usar la pieza uve los taladros no resultarían verticales. Con objeto de que el útil de tronzar no se aunque o no se quiebre hay que ajustarlo con avance pequeño. Antes de cepillar las caras inclinadas puede haberse también aserrado la ranura y en este caso estaría de más la operación N.º 7 del plan de trabajo.

Medición y verificación de la pieza «uve».



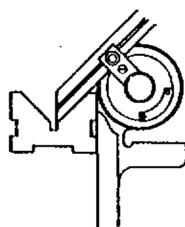


Fig. 152,1. Medición con el transportador universal.

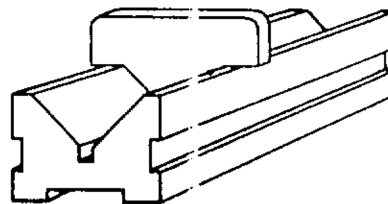


Fig. 152,2. Verificación con la galga.

Para la medición de longitud, anchura, altura y anchura y profundidad de la ranura basta con el pie de rey y el calibre de profundidades. Para verificar la planitud puede encontrar aplicación la regla de cabello. La perpendicularidad de las caras exteriores entre sí se comprueba con la escuadra y el ángulo que forman las caras inclinadas con el transportador universal (figura 152,1). Para verificación de la forma, se utiliza frecuentemente una galga (fig. 152,2). La condición antes referida de que las caras sean tales que su intersección sea paralela a las bases o superficies de apoyo puede verificarse de diversos modos, como por ejemplo con calibres normales de caras paralelas o con el amplificador de esfera (fig. 152,3). El prisma o uve se coloca para esto sobre el mármol de trazar, bien limpiado previamente. Como elemento auxiliar se emplea una espiga o mandril de verificación que se coloca sobre las superficies inclinadas. En la verificación debe indicarnos el amplificador, colocado en ambos extremos de la espiga, la misma desviación de la aguja. Para hacer esta prueba como es natural habrá que disponer el palpador del amplificador sobre la parte más alta de la espiga de verificación. Con la verificación mediante *calibres de caras paralelas* se pone de manifiesto si es igual la distancia entre la espiga de verificación y el plano del mármol para ambos extremos de aquélla.

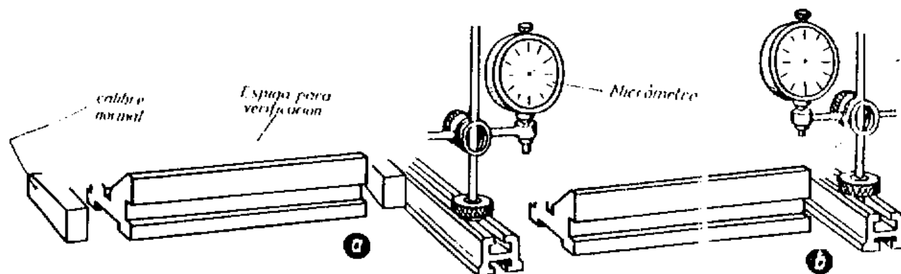


Fig. 152,3. Comprobación de si la intersección de ambos planos es paralela a la superficie de la base. *a*) Verificación con calibres normales de caras paralelas; *b*) Verificación con el amplificador de esfera.

Constitución de la cepilladora longitudinal.*

El movimiento principal lo verifica en estas máquinas la pieza a trabajar sujeta sobre la mesa o tablero. Los movimientos de avance y de ajuste los ejecuta el útil de cepillar (fig. 153,1).

Hay cepilladoras longitudinales con longitud de cepillado de 1 a 20 m (fig. 153,2).

La mesa se desliza en las guías de la bancada. Para sujeción de la pieza está la mesa provista de ranuras en T. El carro portaherramienta puede moverse lateralmente sobre un carro transversal mediante un husillo. Como portaherramienta se utiliza una placa o charnela. El carro transversal va soportado por dos bastidores y puede desplazarse en altura mediante husillos. En las grandes máquinas de cepillar corren a lo largo del carro transversal dos carros portaherramientas. Aparte de esto, existen frecuentemente dos portaherramientas laterales que se utilizan para el mecanizado de las superficies verticales.

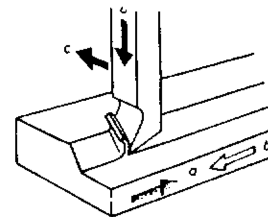


Fig. 153,1. Movimiento en el cepillado en la máquina cepilladora longitudinal. *a*) Carrera de trabajo; *b*) carrera en vacío; *c*) movimiento de avance; *d*) movimiento de ajuste.

Las piezas de mucho tamaño que no caben entre los bastidores laterales se cepillan en la máquina de cepillar de un solo bastidor.

El accionamiento principal (fig. 153,3) está dispuesto en la bancada de la máquina y transmite a la mesa el movimiento principal de ida y vuelta. Lo más corriente es el accionamiento por medio de mecanismo de engranajes.

La mesa tiene en su parte inferior una cremallera en la cual engrana una rueda dentada que es accionada, a través de un sistema de engranajes, por el motor de accionamiento. Después de cada carrera de trabajo debe retroceder la mesa para lo cual es necesario que cambie el sentido de rotación del accionamiento. La inversión es provocada por la mesa de cepillado. Correspondiéndose con la longitud de la carrera se disponen en la mesa dos topes graduables que chocan contra una palanca de inversión. Por medio de una varilla de mando se transporta el movimiento de las palancas a un sistema de transmisión por correas que realiza el cambio del sentido de rotación. Las máquinas más modernas tienen para la inversión del sentido de marcha un acoplamiento electromagnético. Para ahorrar tiempo, la velocidad de la mesa es mayor en la carrera de retroceso que en la carrera de trabajo.

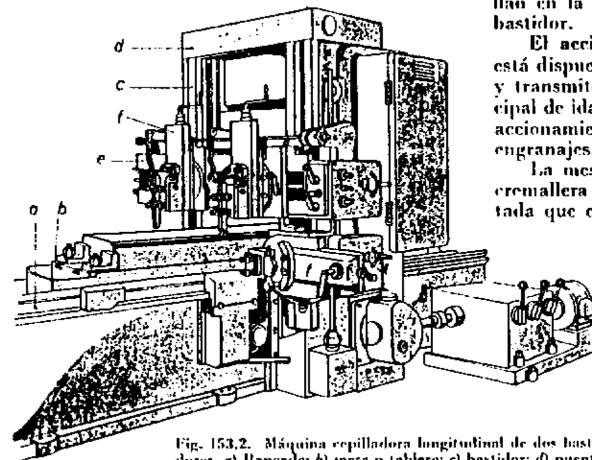
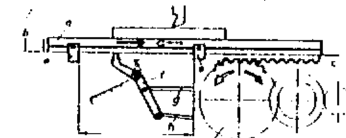


Fig. 153,2. Máquina cepilladora longitudinal de dos bastidores. *a*) Bancada; *b*) mesa o tablero; *c*) bastidor; *d*) puente de unión; *e*) carro transversal; *f*) carro portaherramienta.



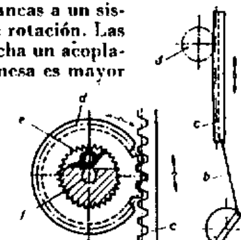


Fig. 153,4 (derecha). Modo de funcionar el mecanismo de avance. *a*) Disco-manivela; *b*) biela; *c*) cremallera; *d*) caja de arranque; *e*) trinquete; *f*) el husillo para el carro portaherramienta es accionado por el trinquete.

Fig. 153,3 (izquierda). Mecanismo de accionamiento del movimiento principal. *a*) Mesa; *b*) bancada; *c*) cremallera; *d*) sistema de engranajes; *e*) tope graduable; *f*) palanca de inversión; *g*) varilla de mando para variar el sentido del accionamiento; *h*) varilla de mando para el avance.

* *N. del T.:* Algunos autores reservan para esta máquina el nombre de *cepilladora* simplemente y otros en cambio la llaman *cepilladora de tablero móvil* aludiendo con esta denominación a que en ella el tablero, con la pieza encima, verifica el movimiento de trabajo y el útil tiene el de avance.

CEPILLADO DE LISTONES DE GUÍA

Ejemplo de trabajo.

Trabajo encargado: Supongamos que se quiera mecanizar en la cepilladora de tablero móvil un listón de guía (fig. 154,1) suministrado en longitud adecuada.

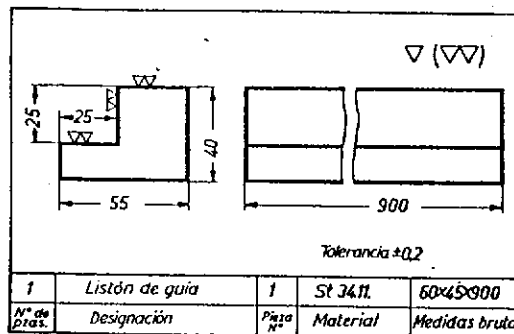
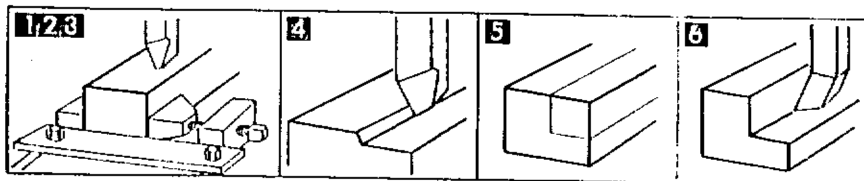


Fig. 154,1. Plano de taller.

Mecanizado del listón de guía

Puesto que el listón no puede ser sujetado por arriba habrá que emplear garras de sujeción, espigas o dedos de sujeción y tope delantero. El número de dobles carreras necesario se determina teniendo en cuenta la longitud de la carrera y la velocidad de corte (véase pág. 149). La longitud de la carrera y su posición se pueden regular con ayuda de los topes graduables. Para ajustar la profundidad de corte se emplean calibres normales de caras paralelas.

Plan de trabajo.



	Fases del trabajo	Herramienta		Fases del trabajo	Herramienta
1	Sujeción de la pieza y nivelación y alineación de la misma	Garras de sujeción, espigas de sujeción, tope delantero	4	Desbastado y afinado de caras laterales	Útil de desbastar a la izquierda, recto; útil de afinar de forma puntiaguda; calibres normales de caras paralelas
2	Sujeción del útil de desbastar	Útil de desbastar a la izquierda, recto	5	Trazado del rebajo	Gramil; escuadra
3	Ajuste del carro transversal a la altura necesaria, ajuste del número de dobles carreras, de la longitud de la carrera, de su posición y del avance		6	Sujeción del útil de corte lateral y cepillado	Útil de corte lateral; calibres normales de caras paralelas
			7	Desbarbado	Lima de afinar
Instrumentos de medición y de verificación: pie de rey, calibre de profundidades, escuadra, regla de cabello, calibres normales de caras paralelas					

Medición y verificación del listón de guía.

Las dimensiones, la planitud y la perpendicularidad de caras se verifican del modo conocido por medio de pie de rey, calibre de profundidades, regla de cabello y escuadra. Para verificar la profundidad del rebajo pueden emplearse también calibres normales.

Verificación por medio de nivel de burbuja.

Los niveles de burbujas se prestan para comprobar pequeñas diferencias de paralelismo con la horizontal. Se utilizan a la hora de sujetar las piezas sobre las máquinas-herramientas y también en el montaje de máquinas.

El más usual es el *nivel de precisión* (fig. 155,1) llamado así para distinguirlo de los más sencillos montados, por lo general, en cajas de madera.

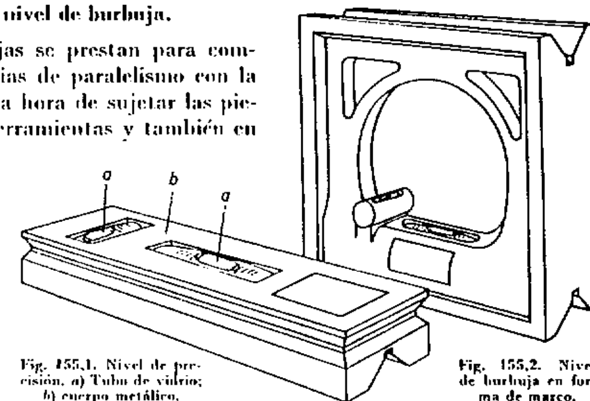


Fig. 155,1. Nivel de precisión. *a*) Tubo de vidrio; *b*) cuerpo metálico.

Fig. 155,2. Nivel de burbuja en forma de marco.

Por medio del *nivel en forma de marco* (figura 155,2) pueden ponerse de manifiesto faltas de verticalidad de piezas. La parte principal de un nivel de burbuja es el tubo de vidrio (fig. 155,3) que va encerrado en un cuerpo metálico.

El tubo de vidrio suele ir esmerilado en forma de tonel y va llenado con éter, salvo una burbuja. El llenado con agua no daría suficiente movilidad; el agua se pegaría demasiado al vidrio y en invierno se congelaría. La burbuja de vapor de éter se encuentra siempre en la posición más alta posible, por lo cual cambia de sitio dentro del tubo a cada cambio de dirección de éste. La inclinación del nivel puede leerse en una escala marcada sobre el tubo de vidrio. El punto que debe servir para hacer la lectura es el borde de la burbuja. Al separarse el nivel de la posición horizontal la burbuja se irá hacia la derecha o hacia la izquierda.

Las superficies de apoyo de los niveles de burbuja tienen forma prismática con objeto de que puedan adaptarse también sobre árboles.

Fig. 155,3. Tubo de vidrio de un nivel de burbuja. *a*) En la posición horizontal del tubo, la burbuja está centrada; *b*) en la posición inclinada del tubo, la lectura debe hacerse con el punto *d*.

Para el *manejo del nivel de burbuja* hay que conocer su sensibilidad. Cuando de un nivel se dice, por ejemplo, «1 trazo de desviación = 0,2 mm por metro», se quiere con ello decir que cuando la superficie en cuestión, de 1 m de longitud, tiene 0,2 mm de inclinación respecto a la horizontal, la burbuja se desviará en un trazo.

Ejemplo: Al nivelar la bancada de una máquina de 2,5 m de longitud, el nivel de burbuja de sensibilidad = a 0,2 mm/m señala una desviación de 3 divisiones de la escala. ¿Cuántos milímetros habrá que levantar uno de los extremos de la bancada para que ésta guarde una posición horizontal?

Solución: En 1 m de longitud habrá que suplementar por debajo de $3 \cdot 0{,}2$ mm = 0,6 mm. En 2,5 m tendremos que levantar $2{,}5 \cdot 0{,}6$ mm = 1,5 mm.

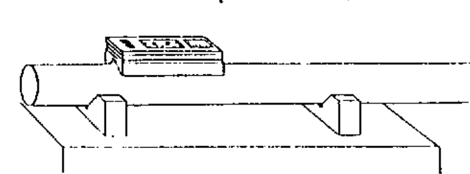


Fig. 155,4. Nivelación de un árbol con el nivel de precisión.

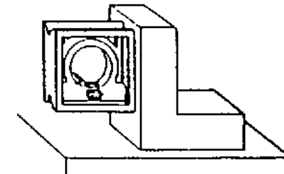


Fig. 155,5. Verificación de la verticalidad por medio del nivel en forma de marco.

6. MECANIZADO DE PIEZAS EN LA MORTAJADORA

Por medio de la máquina de mortajar se realizan ranuras interiores, dentados interiores, vaciados, perfilados de superficies con bordes curvos, etc. (fig. 156.1) Como la máquina de mortajar trabaja de modo muy lento, ha sido desplazada por la máquina de brochar cuando se trata de trabajos en grandes series.

La herramienta hace el movimiento principal. Los movimientos de avance y de ajuste corren a cargo de la pieza (fig. 156,2).

Constitución de la mortajadora (fig. 156,3).

La pieza es soportada por la mesa, que es desplazable en sentido longitudinal y en sentido transversal, y en las máquinas pequeñas también en sentido vertical. Aparte de esto, el plato va dotado de movimiento de giro. El carro portaútil lleva el útil de mortajar y se desliza en las guías verticales de que va provisto el bastidor de la máquina.

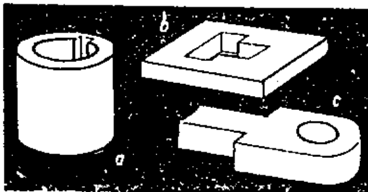


Fig. 156,1. Ejemplos de piezas mortajadas. a) Taladro con chavetero; b) matriz o pieza sufridera de una punzonadora; c) cabeza de biela.

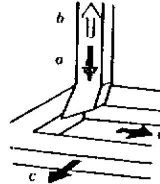


Fig. 156,2. Movimientos en la operación de mortajar. a) Carrera de trabajo; b) carrera en vacío; c) movimiento de avance; d) movimiento de ajuste.

Frecuentemente puede el carro desplazarse oblicuamente de tal modo que se pueda conseguir con la máquina mortajar superficies no solamente verticales, sino también inclinadas, como se ve, por ejemplo, en la figura 156,4 en el mecanizado de una placa sufridera o matriz para punzonadora.

El movimiento principal se consigue mediante un mecanismo de biela y manivela. En virtud del desplazamiento de la espiga de la manivela pueden obtenerse en el carro portaútil distintas longitudes de carrera.

El mecanismo de avance acciona los movimientos longitudinal, transversal y rotatorio de la mesa. Ese accionamiento de avance se deriva a su vez del movimiento principal. Una rueda de trinquete da lugar al movimiento intermitente

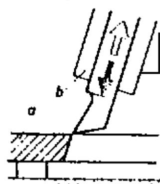


Fig. 156,4. Mortajado con el carro portaútil colocado en forma oblicua. a) Pieza; b) carro portaútil con el útil correspondiente.

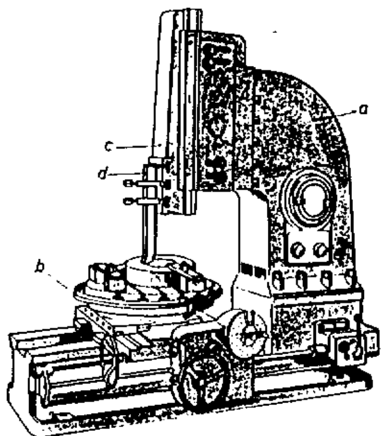


Fig. 156,3. Máquina de mortajar. a) Bastidor; b) mesa o plato; c) carro que lleva el útil; d) portaherramientas.

Útiles de mortajar.

Para la operación de mortajar se usan útiles de una sola pieza o soportes con cuchillas postizas (fig. 156,5). Como en todos los útiles de corte, existen también en estos útiles de mortajar el ángulo de incidencia, el del filo y el de ataque. La forma de los filos se rige por la de las piezas a trabajar.

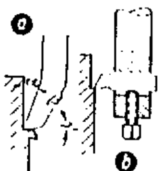


Fig. 156,5. Útiles de mortajar. a) Útil de mortajar (útil de una sola pieza); b) soporte con cuchilla postiza.

MORTAJADO DE RANURAS INTERIORES

Ejemplo de trabajo:

Trabajo encargado: Proveer al taladro del acoplamiento de garras de la figura 157,2 de una ranura interior para chaveta de deslizamiento.
El mecanizado se realiza en una mortajadora.

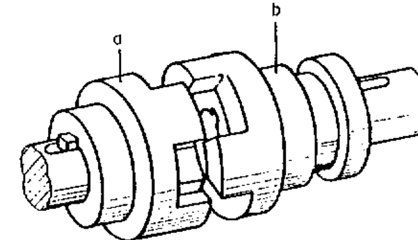


Fig. 157,1. Acoplamiento de garras. a) Parte del acoplamiento enchavetada de modo fijo al extremo izquierdo del árbol; b) parte del acoplamiento deslizante en sentido longitudinal a lo largo del extremo derecho del árbol.

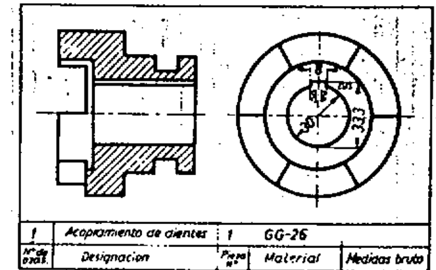
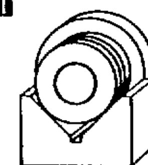


Fig. 157,2. Plano de taller.

Plan de trabajo.



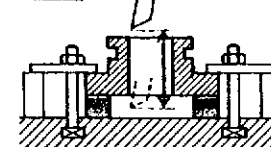



Fig. 157,3. Útil de ranurar.

	Fases del trabajo	Herramientas
1	Trazado de la ranura	Gramil; escuadra
2	Sujeción de la pieza	Hierro de sujeción; piezas paralelepipédicas; tornillos de sujeción
3	Sujeción del útil de ranurar	Útil de ranurar de 8 mm de anchura
4	Ajuste del número de dobles carreras, de la longitud de carrera y de la posición de ésta	
5	Mortajado de la ranura con avance a mano	
Instrumentos de medida y verificación: escuadra, pie de rey, amplificador de esfera		

Mecanizado de la ranura interior.

Al sujetar la pieza es especialmente importante atender a que quede bien centrada. Si la ranura (chavetero) queda mortajada en posición no centrada,* el árbol, el acoplamiento y la chaveta de deslizamiento no se podrían montar correctamente. El útil de mortajar ha de guardar cierta relación con la anchura de la ranura. Al ajustar la carrera se toma un recorrido ulterior tan corto como sea posible. Con objeto de que el útil no deteriore la mesa, han de colocarse bajo la pieza el número suficiente de piezas paralelepipédicas. El recorrido anterior debe ser suficientemente grande para que quede tiempo disponible para el movimiento de avance. El avance se da a mano uniformemente.

* *N. del T.:* Traducimos literalmente, pero muchos de nuestros lectores entenderán mejor este concepto si decimos que la ranura ha de estar dispuesta de tal forma que el plano paralelo a sus caras laterales que la divide longitudinalmente en dos partes iguales ha de pasar por el eje geométrico del árbol, o lo que es igual que el plano equidistante de sus dos caras planas laterales y paralelo a ellas ha de pasar por el eje geométrico citado para que resulte posible y correcto el montaje del árbol, del acoplamiento y de la chaveta de deslizamiento.

Medición y verificación de la ranura interior.

Al mecanizar el chavetero pueden cometerse distintos errores: por ejemplo, su anchura y su profundidad pueden no ser las exigidas, sus paredes pueden no ser paralelas al eje del taladro y la ranura puede no estar centrada. *

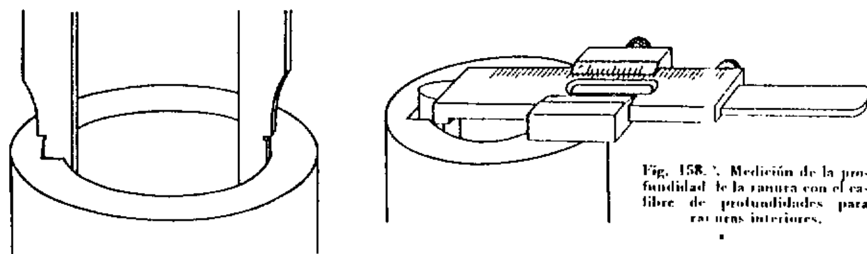


Fig. 158,1. Medición de la profundidad de la ranura con el pie de rey.

Fig. 158,2. Medición de la profundidad de la ranura con el calibre de profundidades para ranuras interiores.

La anchura de la ranura puede verificarse por medio de calibres normales de caras paralelas.
Al medir la profundidad de la ranura con el pie de rey hay que colocar las patas del mismo de tal modo que el plano medio que determinan pase por el eje del taladro (fig. 158,1).
Un instrumento especialmente adecuado para esta operación es el calibre de profundidades para ranuras interiores (fig. 158,2).

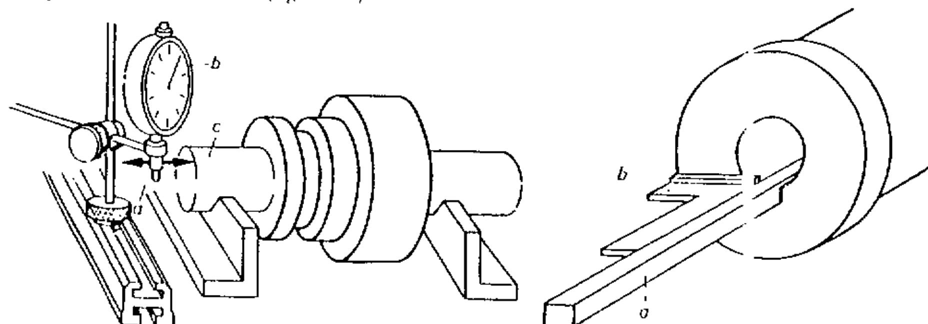


Fig. 158,3. Verificación del paralelismo de la ranura con el taladro. *a*) Chaveta de ajuste; *b*) amplificador de esfera; *c*) espiga de verificación.

Fig. 158,4. Verificación de la perpendicularidad de la ranura con la cara frontal. *a*) Chaveta de ajuste; *b*) escuadra.

El paralelismo de la ranura con el taladro puede comprobarse de diversos modos. Para la verificación por medio del amplificador (fig. 158,3) se introduce en el acoplamiento una espiga de verificación, ajustada, y en la ranura una chaveta también ajustada. Las piezas así acopladas se colocan sobre dos apoyos prismáticos de igual altura. En un extremo de la chaveta se ajusta a cero el amplificador. Cuando la ranura es paralela al taladro ** la aguja del amplificador no acusará desviación alguna al pasarlo a lo largo de la chaveta de ajuste.
Bajo el supuesto de que la cara frontal del acoplamiento es normal al taladro (fig. 158,4), puede también ponerse de manifiesto ese paralelismo con ayuda de una chaveta de ajuste introducida en la ranura y de una escuadra siguiendo el método de la rendija de luz.
La posición centrada de la ranura puede comprobarse por rotación de modo análogo a como se hace para la ranura de un árbol (véase pág. 136, fig. 136,7).

* *N. del T.:* Véase nota página anterior.
** *N. del T.:* El lector comprenderá fácilmente que este paralelismo entraña el de las caras planas de la ranura con el eje del taladro o con sus generatrices rectilíneas.

7. BROCHADO DE PIEZAS

En la fabricación en serie se mecanizan frecuentemente las caras interiores y exteriores de piezas metálicas pequeñas y de tamaño mediano por medio del brochado (fig. 159,1). Mediante el *brochado interior* (fig. 159,2) se mecanizan principalmente agujeros con perfiles diversos. Para ello se empuja o se tira de una aguja de brochar, provista de multitud de dientes cortantes, a

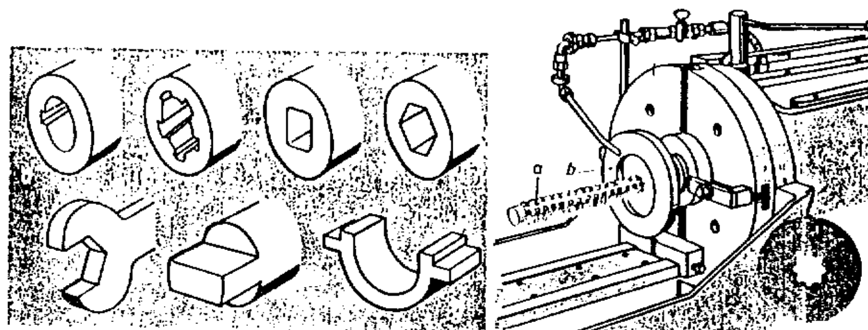


Fig. 159,1. Ejemplos de trabajos que pueden hacerse por brochado. *a - d*) Brochados interiores; *e - g*) brochados exteriores.

Fig. 159,2. Cabezal de una máquina horizontal de brochar.

través de un agujero previamente taladrado y se elimina por arranque de viruta el exceso de material. El *brochado exterior* (fig. 159,3) se emplea frecuentemente en determinadas piezas en vez del fresado. El útil de brochar exteriormente, que va también provisto de dientes, es pasado longitudinalmente a lo largo de la pieza que se quiere mecanizar.

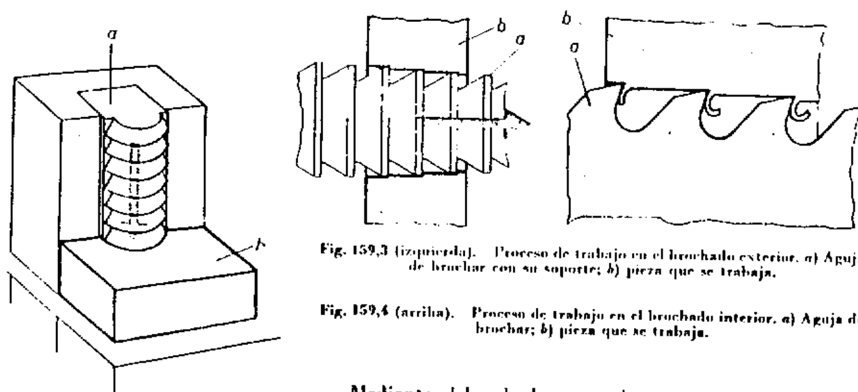


Fig. 159,3 (izquierda). Proceso de trabajo en el brochado exterior. *a*) Aguja de brochar con su soporte; *b*) pieza que se trabaja.

Fig. 159,4 (arriba). Proceso de trabajo en el brochado interior. *a*) Aguja de brochar; *b*) pieza que se trabaja.

Mediante el brochado se consiguen, con poco tiempo de mecanizado, piezas de dimensiones exactas y de elevada calidad superficial. Para cada forma de pieza se necesita un útil de brochar especial. Como las agujas de brochar son caras, el procedimiento no resulta económico nada más que para grandes series. En una máquina de brochar horizontal pueden mecanizarse por hora de 60 a 120 piezas y en una vertical de 100 a 200 piezas. Este rendimiento es sobrepasado, incluso, en casos especiales.

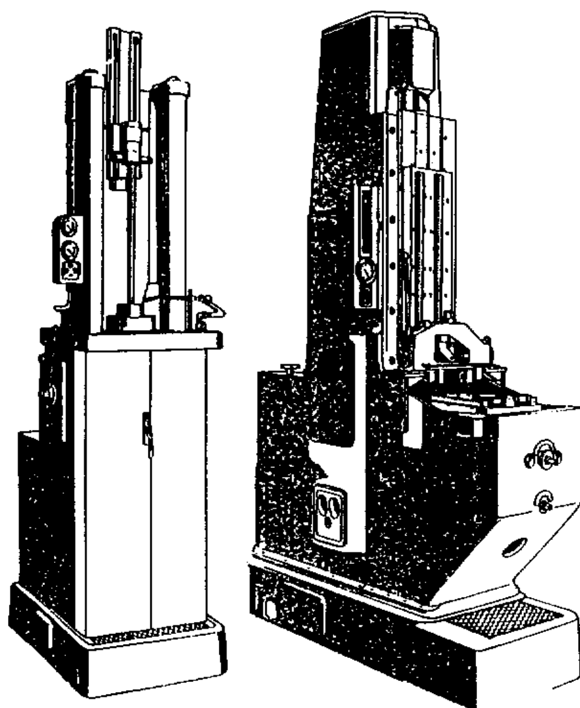


Fig. 160,1. Máquina vertical de brochar interiormente.

Fig. 160,2. Máquina vertical de brochar exteriormente.

Máquinas de brochar.

Estas máquinas no necesitan dar nada más que el movimiento principal longitudinal a la aguja y son, por esta razón, de constitución muy sencilla. El movimiento de avance queda cumplido por la herramienta en virtud de los filos, cada vez un poco más grandes, de la aguja de brochar.

Existen máquinas de brochar interiormente y máquinas de brochar exteriormente y ambas en tipo horizontal y en tipo vertical (figs. 160,1,2). El movimiento principal es conseguido por accionamiento de cremallera o por accionamiento hidráulico (fig. 160,3).

En el brochado interior la pieza es empujada por la presión de trabajo contra la mesa y no necesita, por lo general, estar sujeta de ningún modo especial. Por el contrario, la presión unilateral ejercida en el brochado exterior sobre la pieza exige que ésta quede sujeta en montajes especiales.

Depende de cada caso especial el decidir si viene mejor para el brochado una máquina horizontal o una vertical. Las máquinas horizontales son más baratas y tienen aplicaciones más variadas, pero su rendimiento es menor que el de las verticales. Además de esto, ocupan en el taller más sitio que estas últimas.

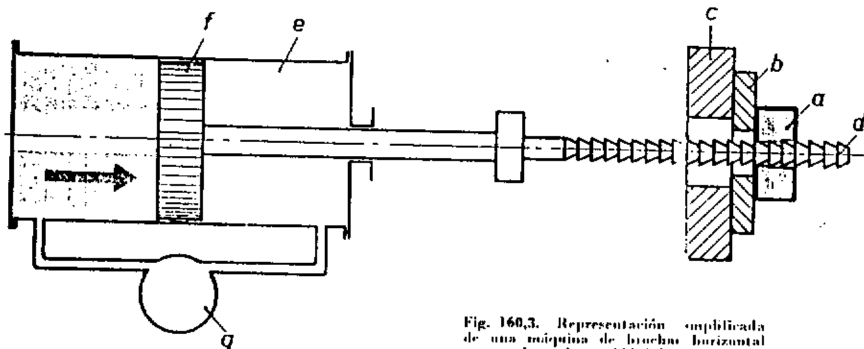


Fig. 160,3. Representación simplificada de una máquina de brochar horizontal con accionamiento hidráulico. *a*) Pieza a trabajar; *b*) apoyo; *c*) mesa de trabajo; *d*) aguja de brochar; *e*) cilindro; *f*) émbolo; *g*) bomba de aceite.

Herramientas de brochar.

Las agujas de brochar están hechas con acero templado. Los dientes son cada vez un poco más altos y se adaptan en el extremo de la aguja a la forma del perfil deseado (fig. 161,1). En el dentado se distingue entre la parte cortante y la parte de calibrar. La diferencia de alturas entre dos dientes consecutivos viene a ser en la parte cortante de 0.02 ... 0.12 mm. La parte de calibrar tiene de 4 a 6 dientes, sin diferencias de alturas, y asegura las dimensiones correctas y la calidad superficial del agujero brochado.

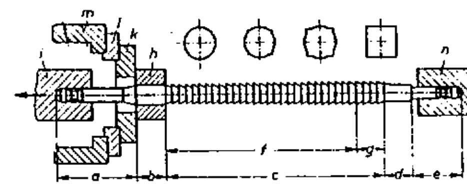


Fig. 161,1. Aguja de brochar en posición de trabajo. *a*) Mango; *b*) guía de entrada; *c*) dentado; *d*) guía; *e*) extremo; *f*) parte de corte; *g*) parte de calibrar; *h*) pieza a mecanizar; *i*) pieza portaútil; *k*) apoyo; *l*) placa de sujeción; *m*) cuerpo de la máquina; *n*) soporte de acompañamiento.

La aguja de brochar interiormente se sujeta por su mango en el soporte correspondiente. La parte de guía, que debe ajustar con juego muy ligero en el agujero previamente taladrado, lleva la herramienta a una posición centrada. Con objeto de que no cuelgue por su extremo cuando se trata de una aguja larga, se apoya aquél en un soporte de acompañamiento.

Las herramientas de brochar exteriormente van fijadas, por lo general, en soportes portaútiles.

Los filos de las herramientas de brochar son duros y agudos y, por lo tanto, delicados. Para evitar que se deterioren no deben entrar en contacto con objetos duros. Las herramientas de brochar deben colocarse, por el contrario, siempre sobre fondos de madera o de fieltro.

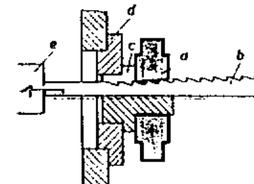


Fig. 161,2. Brochado de una ranura con aguja de brochar. *a*) Pieza; *b*) aguja de ranurar; *c*) apoyo-guía; *d*) placa de sujeción; *e*) portaútil.

Normas de trabajo para el brochado.

Para el brochado interior de piezas han de estar éstas previamente taladradas y provistas de una cara frontal de apoyo que debe ser perpendicular al taladro. Como hay que contar con que la aguja de brochar pueda desviarse eventualmente durante el brochado interior, por lo general, lo que se hace es terminar de mecanizar las piezas que han de ir brochadas, después de efectuado el brochado. El agujero brochado sirve así de guía para el mecanizado ulterior. Las piezas que han de brocharse exteriormente se sujetan por lo general en montajes y han de ser dotadas, antes de la operación de brochado, de las superficies de apoyo adecuadas.

La velocidad de corte se rige por la mayor o menor facilidad que presente el material para su mecanizado. Viene a ser esa velocidad para el acero duro de 1 a 2 m/min y para el blando, para la fundición gris, para el latón y para el bronce, de 2 a 10 m/min. El líquido de corte debe bañar abundantemente la zona que se trabaja y tiene las siguientes misiones que cumplir: refrigerar la pieza y la herramienta, disminuir el rozamiento y arrastrar las virutas.

Cálculo del tiempo principal para el brochado.

El tiempo principal (t_p) depende de la longitud de la aguja (longitud del dentado) y de la velocidad de corte. Se calcula del siguiente modo:

$$\text{Tiempo principal } t_p = \frac{\text{longitud de la aguja (en m)}}{\text{velocidad de corte (en mm/min)}}\;; \quad \boxed{t_p = \frac{L}{v}} \text{ en minutos.}$$

Ejemplo: En el cubo de una palanca hay que brochar un cuadrado y se quiere calcular el tiempo principal.

Datos: Longitud de la aguja (longitud del dentado) = 0,9 m; velocidad de corte = 2 m/min.

Solución: $t_p = \frac{L}{v} = \frac{0{,}9 \text{ m}}{2 \text{ m/min}} = 0{,}45$ min.

BROCHADO DE PIEZAS CON AGUJERO DE RANURAS MÚLTIPLES

La rueda dentada desplazable (fig. 162.2) va unida al árbol por medio de un perfil de ranuras múltiples. Este tipo de enlace encuentra preferentemente aplicación en mecanismos de accionamiento sometidos a fuertes solicitaciones, como sucede, por ejemplo, en los mecanismos de accionamiento de tornos y de automóviles. Con respecto a la unión por medio de una chaveta de deslizamiento única, presenta la ventaja de que las ranuras de que se dota ahora al árbol son muy planas. Con esto resulta el árbol menos debilitado y el momento de torsión es soportado por igual en toda la periferia. Los perfiles ranurados están normalizados.

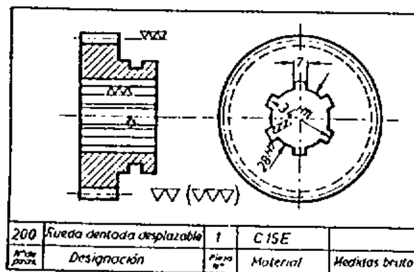


Fig. 162,1. Plano de taller.

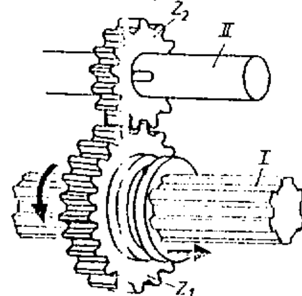


Fig. 162,2. Modo de actuar una rueda deslizante. La rueda dentada z_2 va fija al árbol II; la rueda dentada z_1 puede desplazarse deslizando sobre el árbol I.

Ejemplo de trabajo.

Trabajo encargado: Dotar de un perfil de ranuras múltiples a una serie de ruedas dentadas desplazables (fig. 162,1).

Si se trata de fabricar piezas sueltas se empleará para el mecanizado la máquina de mortajar, pero como en este caso se trata de mecanizar un gran número de piezas, resulta más económico el brochado.

En el brochado interior puede sufrir alguna desviación la aguja de brochar. Este defecto tiene que ser corregido en las piezas que hayan de ser exactas, mediante una adecuada elección de los procesos de trabajo anejos al de brochado. Por esta razón en esta clase de mecanizado constituirá el brochado una de las primeras fases del trabajo.

Plan conjunto de fabricación para la obtención de ruedas deslizantes.

	Fases del trabajo	Máquinas herramientas
1	Taladrado, desbastado previo de la forma exterior; la cara frontal grande, normal al taladro	Torno corriente o semiautomático
2	Brochado del taladro del cubo y brochado de las ranuras, calibrado del fondo de las ranuras y del taladro	Máquina de brochar
3	Afinar sobre mandril todas las superficies exteriores	Torno ordinario o torno múltiple
4	Fresado de los dientes	Fresadora para ruedas dentadas
5	Templado	
6	Rectificado del taladro y de los flancos de los dientes	Máquina de rectificar

Verificación de las piezas de ranuras múltiples.

En la fabricación en serie se emplean galgas fijas para comprobar esta clase de piezas.

8. ESMERILADO DE PIEZAS

Los trabajos corrientes que se hacen con la muela son el afilado de herramientas y el mecanizado de piezas templadas y sin templar. En el esmerilado de piezas se trata de eliminar las irregularidades (desbarbar) o de conseguir piezas redondas o planas de gran exactitud de medidas y de elevada calidad superficial (rectificado) (fig. 163.1).

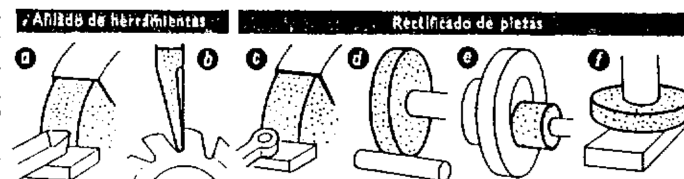


Fig. 163,1. Ejemplos de trabajos de esmerilado. *a*) Afilado de un útil de torno; *b*) afilado de una fresa; *c*) desbarbado de una palanca; *d*) esmerilado cilíndrico de un árbol; *e*) esmerilado interior de un casquillo; *f*) esmerilado plano de un listón.

El esmerilado es un procedimiento de trabajo con *arranque de viruta*. Como útil de esmerilado se emplea generalmente un disco rotativo llamado muela. De su superficie salen granos de material esmerilante que dan lugar al arranque de virutas (fig. 163.2). La elevada velocidad circunferencial de la muela produce un fuerte rozamiento y con ello el calentamiento de las virutas.

Composición de las muelas.

Las muelas están compuestas por granos abrasivos duros y de cantos afilados (medio esmerilante) reunidos entre sí por un material aglutinante (fig. 163,3).

Características y elección de las muelas.

Clases de material abrasivo. Existen materiales abrasivos naturales y artificiales.

Los *materiales abrasivos naturales* son el corundum natural y el esmeril; el cuarzo está contenido como material esmerilante natural en la piedra arenisca.

Para las muelas esmerilantes se emplean preferentemente los *materiales abrasivos artificiales*.

El electrocorundum o corindón artificial (óxido de aluminio), se obtiene de la arcilla en el horno eléctrico; tiene coloración parda.

El carburo de silicio (carborundum) se obtiene partiendo de arena de cuarzo y polvo de carbón; tiene coloración gris o verde y contiene inclusiones de brillo diamantino.

Elección de los materiales abrasivos. El electrocorundum se emplea para materiales tenaces como, por ejemplo, el acero; el carburo de silicio, para materiales frágiles como, por ejemplo, la fundición.

Grano de los materiales abrasivos. Los materiales abrasivos se desmenuzan en molinos. Los distintos tamaños de las partículas obtenidas es lo que se llama *granulado*. Para fabricar muelas más bastas o más finas se clasifica el grano según sus distintos tamaños por medio de cribado (*granulometría*). El grano se designa por medio del número de la criba a través de cuyas mallas pasa, indicándose con números arábigos (T. 164,1).

Elección del grano. El granulado influye sobre el rendimiento del esmerilado y sobre la calidad superficial de la pieza.

Granulado basto — gran rendimiento, superficie áspera.
Granulado fino — pequeño rendimiento, superficie lisa.

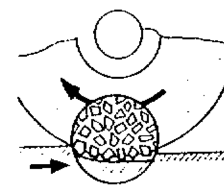

Fig. 163,2. Modo de trabajar la muela.



Fig. 163,3. Partes constituyentes de la muela. *a*) Granulado; *b*) aglutinante.

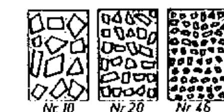


Fig. 163,4. Ejemplos de distintos granulados (dibujo exagerado).

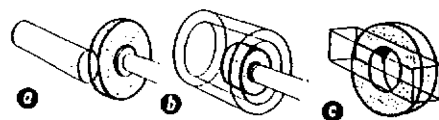


Fig. 164,1. Superficies de contacto entre la pieza y la muela. a) Superficie de contacto pequeña (esmerilado cilíndrico); b) superficie de contacto mayor (esmerilado interior); c) superficie de contacto grande (esmerilado plano).

Aglutinación de la muela. Los innumerables granos abrasivos de que está constituida una muela se mezclan con un material aglutinante y se moldea para darle la forma de disco.

El **aglutinante cerámico** está compuesto por feldespato, arcilla y cuarzo. Las muelas moldeadas se cuecen. Más del 75 % de las muelas están aglutinadas cerámicamente. Estas muelas son sensibles a los golpes y choques, pero soportan bien los calentamientos.

Aglutinantes minerales. El *aglutinante de magnesita* se endurece al aire, es sensible a la humedad y las muelas no son apropiadas nada más que para el esmerilado en seco.

Los *aglutinantes de silicato* tienen como materia base el vidrio, son resistentes al agua y pueden emplearse para el trabajo húmedo.

Los **aglutinantes vegetales** se componen de caucho, goma laca o bakelita. Como son tenaces y elásticos, resultan adecuados para muelas delgadas y perfiles afilados. El aglutinante de bakelita puede emplearse para muelas que hayan de trabajar a altas temperaturas. El caucho y la goma laca se hacen pegajosos con el calentamiento.

La elección del aglutinante se rige por el tipo de esmerilado, por ejemplo, afilado de herramientas, esmerilado cilíndrico o esmerilado plano, por el material a esmerilar y por el tamaño de la superficie de contacto entre la muela y la pieza (fig. 164,1).

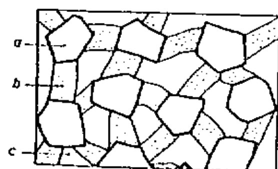


Fig. 164,2. Estructura de las muelas de esmerilar (dibujo exagerado). a) Grano; b) aglutinante; c) poro.

Dureza de las muelas. Cuando durante el esmerilado se hace romo un grano esmerilante, es arrancado de la masa aglutinante en virtud del aumento de la presión de corte. La designación de las muelas como muelas blandas o muelas duras no se refiere a la dureza de los granos abrasivos, sino a la clase de aglutinante. Las muelas duras lo son porque tienen un aglutinante más duro que las blandas. El grado de dureza de las muelas esmerilantes se designa por medio de letras (T. 164,2).

Elección del grado de dureza. Los granos esmerilantes desgastados tienen que soltarse de la masa aglutinante y dejar el sitio a granos cortantes; por esta razón dijimos:

muelas blandas para materiales duros,
muelas duras para materiales blandos.

Las grandes superficies de contacto dan lugar a un rápido desgaste de granos y exigen por esta razón muelas blandas.

Estructura de las muelas. Llamaremos estructura de una muela a la manera de estar en ella distribuidos los granos abrasivos, el material aglutinante y los poros (fig. 164,2). En una estructura porosa, los poros son mayores que en una estructura compacta. La naturaleza de la estructura se designa con números romanos (T. 164,3).

Elección de la estructura. Cuanto mayor haya de ser el rendimiento de virutas, tanto más abierta o porosa ha de ser la estructura con objeto de que las virutas que se desprendan puedan ser admitidas en los poros.

T. 164,1. Designación del granulado del material abrasivo

muy basto:	8 ... 10	fino:	70 ... 120
basto:	12 ... 24	muy fino:	150 ... 240
medio:	30 ... 60	pulverulento:	280 ... 600

T. 164,2. Designación de la dureza de las muelas de esmerilar

muy blanda:	EFG	dura:	PQRS
blanda:	HIJK	muy dura:	TUVW
media:	LMNO	durísima:	XYZ

T. 164,3. Designación de la estructura de las muelas de esmerilar

compacta: I II III	media: IV V VI	porosa VII VIII IX

Muelas de esmerilar.

Forma de las muelas. Para los distintos trabajos de esmerilado existen muelas de formas adecuadas a ellos (fig. 165,1). La forma y las dimensiones de las muelas están normalizadas.

Ejemplo de designación:

Muela recta de diámetro $D = 250$ mm, anchura $B = 25$ mm, taladro $d = 76$ mm, corindón fino (EK), granulado 46, dureza L, estructura media (4), aglutinante cerámico (Ke): Muela 250 × 25 × 76 DIN 69120 EK 46 L 4 Ke.

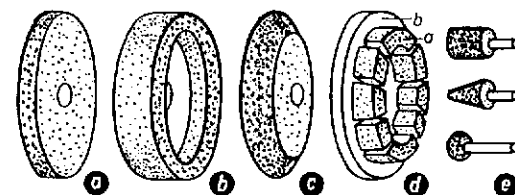


Fig. 165,1. Ejemplos de diversas muelas de esmeril. a) Muela recta o plana, en general para trabajar por la superficie lateral del cilindro; b) muela de vaso para trabajar por la cara frontal; c) muela de forma; existen las formas más diversas de muelas para esmerilar perfiles; d) muela de segmentos para esmerilar piezas de gran superficie; los segmentos (a) van fijados a un disco soporte (b); e) punzones o espigas de esmeril para perfiles; se accionan mediante un eje flexible y se guían a mano.

Manejo de las muelas de esmerilar. Las muelas deben ser protegidas contra choques y golpes y guardarse en sitio seco.

Sujeción de la muela de esmerilar.

Antes de sujetarla en el árbol o husillo portamuela hay que comprobar por una prueba de sonido (fig. 165,2), si está rajada.

Con objeto de que la muela dé un funcionamiento tranquilo y con ello una superficie esmerilada limpia, debe ser equilibrada previamente (fig. 165,3).

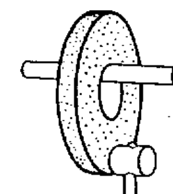


Fig. 165,2. Prueba de sonido. La muela libremente suspendida debe dar, al ser golpeada con el mango de madera, un tono claro, limpio. Las muelas con aglutinante vegetal no son sonoras.

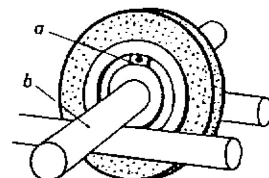


Fig. 165,3. Equilibrado o compensación de la muela de esmerilar. a) Peso de compensación; b) espiga de verificación. Los pesos de compensación se corren en la ranura anular y se fijan mediante tornillos.

La muela se fija al árbol o husillo portamuela entre dos bridas *vaciadas* en la parte central por torneado (fig. 165,4).

T. 165,1. Normas directrices para la elección de muelas (esmerilado a máquina) (extracto de DIN 69102)

Esmerilado exterior	Diámetro de la muela en milímetros		
Material	hasta 350 mm	más de 350 ... 450	más de 450 ... 600
Acero templado	EK 60 L	EK 50 L	EK 46 L
Acero sin templar	NK 60 M	NK 50 M	NK 46 M
Fundición gris	SC, EK 60 I	SC, EK 50 J	SC, EK 46 J
Esmerilado interior	**Diámetro de la muela en milímetros**		
Material	hasta 16 mm	más de 16 ... 36	más de 36 ... 80
Acero templado	EK 80 L	EK 60 K	EK 46 J
Acero sin templar	NK 80 M	NK 60 L	NK 46 J
Fundición gris	SC 80 K	SC 60 J	SC 46 I
Esmerilado plano	**Diámetro de la muela en milímetros**		
Material	Muela recta o plana hasta 200 mm	Muela de vaso hasta 200 mm	Muela de segmentos
Acero templado	EK 46 J	EK 36 J	EK 30 J
Acero sin templar	EK, NK 46 K	EK, NK 46 K	EK, NK 24 K
Fundición gris	EK, SC 46 I	EK, SC 46 I	EK, SC 30 J

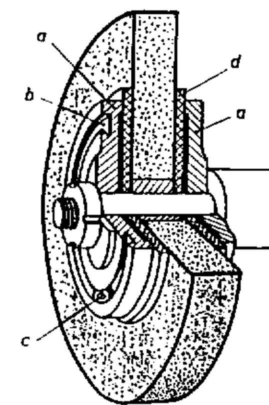


Fig. 165,4. Sujeción de la muela de esmerilar. a) Brida de sujeción; b) ranura anular; c) peso de compensación; d) disco intermedio de cartón, fieltro o cuero.

Rectificado de las muelas. Mediante el rectificado se hace que muelas no redondas giren redondo y que vuelvan a agarrar muelas sucias. Hay diversos tipos de aparatos de rectificar muelas. Para rectificar muelas de esmerilado basto se utilizan ruedecillas estriadas de acero duro. Para conseguir un rectificado muy exacto se prestan bien los diamantes de rectificar (fig. 166,1).

Velocidad periférica de las muelas de esmerilar. La velocidad periférica de una muela de esmerilar se designa también como velocidad de corte y se da en metros por segundo, por ejemplo, 25 m/s.

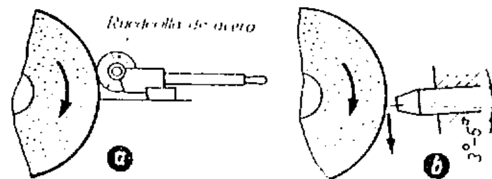


Fig. 166,1. Rectificado de la muela. a) Rectificado con una ruedecilla de acero. b) rectificado con diamante.

Al aumentar la velocidad periférica crece también el peligro de que la muela salte en pedazos como consecuencia de la fuerza centrífuga, pudiendo ocasionar desgracias los trozos que salen disparados. Las normas de seguridad fijan para los distintos materiales aglutinantes y para las distintas clases de trabajo, determinadas velocidades máximas. Para cuerpos abrasivos con material aglutinante cerámico y vegetal, la velocidad máxima para esmerilado a mano es de 30 m/s, por ejemplo. Toda muela debe ser sometida antes del primer uso a una prueba de funcionamiento de 5 minutos.

Cálculo de la velocidad periférica:

v_s velocidad periférica de la muela de esmerilar en m/s;
D, diámetro de la muela de esmerilar en mm;
n número de revoluciones por minuto de la muela de esmerilar.

Ejemplo: Una muela de ⌀ 275 da un número de revoluciones n = 1700 rev/min. Se quiere calcular v_s.

Solución: $v_s = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000 \cdot 60} = \frac{3{,}14 \cdot 275\ \text{mm} \cdot 1700\ \text{rev/min}}{1000 \cdot 60} \approx 25\ \text{m/s}.$

Afilado de herramientas.

Las herramientas, por ejemplo las fresas, llevan muchas veces un rótulo con la indicación «afilar con frecuencia». Las herramientas embotadas aumentan el tiempo invertido en el trabajo y dan un mecanizado sucio. Cuando el filo de una herramienta está fuertemente desgastado hay que llevarse con el abrasivo mucho material. Con esto no solamente se pierde un valioso acero de herramientas, sino que se corre el peligro de que la herramienta pierda su poder cortante con el fuerte calentamiento que experimenta durante el afilado. Resulta en definitiva más ventajoso ir quitando los pequeños desgastes mediante un afilado frecuente.

Máquinas para el afilado de herramientas.

La máquina más sencilla de afilar se emplea generalmente para el afilado a mano de herramientas de un solo filo, como por ejemplo cinceles, útiles de torno y de cepillar, etc. (véase página 30). El soporte o caballete lleva un árbol o husillo portamuela soportado horizontalmente, y que puede ir provisto de muela en uno solo de sus extremos o bien en ambos. Las mesas de trabajo de estas máquinas suelen llevar generalmente una graduación angular.

La máquina de afilar universal se utiliza para afilar herramientas de varios filos, por ejemplo, escariadores, fresas, brocas helicoidales, etc. Los útiles a afilar se sujetan en la máquina y se acercan con movimiento forzado contra la muela de afilar (véase pág. 127).

Elección de las muelas de afilar. Para filos de herramientas se usan muelas de corindón de dureza y grano medios. Frecuentemente se afilan las herramientas, por ejemplo las de torno y las de cepillar, primeramente en una muela basta y después en otra más fina.

Velocidad de corte y número de revoluciones de las muelas.

La velocidad de corte se deduce de T. 167,1. El número de revoluciones puede calcularse o sacarse de tablas[1].

Cálculo del número de revoluciones:

Número de revoluciones de la muela $n = \frac{v_s \cdot 1000 \cdot 60}{\pi \cdot D}$ por minuto.

Ejemplo: Una muela de 150 mm de diámetro debe funcionar con una velocidad de 20 m/s. Calcúlese el número de revoluciones por minuto.

Solución: $n = \frac{v_s \cdot 1000 \cdot 60}{\pi \cdot D} = \frac{20\ \text{m/s} \cdot 1000 \cdot 60}{3{,}14 \cdot 150\ \text{mm}} \approx 2550\ \text{rev/min}.$

Normas de trabajo para el afilado.

1. Afílese contra el filo, pues en caso contrario se forma rebaba en él.
2. Manténgase ligera la presión con objeto de evitar que el calentamiento sea demasiado fuerte.
3. En el segundo afilado (segunda pasada) hay que procurar que la afluencia de refrigerante sea abundante: una refrigeración a gotas hace que se produzcan grietas en la herramienta. Con objeto de poder observar el proceso de la operación de afilado, a veces hay que trabajar en seco. Cuando una herramienta haya adquirido, en virtud de haberse afilado en seco, una alta temperatura, no debe enfriarse repentinamente en agua (grietas de tensiones internas).
4. Obsérvense las prescripciones de prevención de accidentes.

Esmerilado de las irregularidades de las piezas.

Las líneas de sutura que traen las piezas de fundición y de prensa (rebabas) y cualquier otra clase de irregularidad de superficie se eliminan frecuentemente mediante esmerilado a mano. Las piezas fácilmente manejables se esmerilan en la máquina más sencilla que hemos descrito ya. Cuando las piezas no pueden acercarse a la muela, por ejemplo, como sucede en piezas grandes o complicadas de fundición, con los carriles de los tranvías, con las piezas de construcción metálica, etc., se usan aparatos transportables de esmerilar (fig. 167,1). La muela es en estos casos accionada por un motor a través de un eje flexible. Este último puede curvarse como una manguera en todas las direcciones y hace posible que la muela pase por todos los sitios que hayan de ser esmerilados. Cuando se trata de eliminar las irregularidades y protuberancias de las piezas se lleva a cabo, en general, un esmerilado basto.

Los aparatos de esmerilar dotados de eje flexible se emplean también para estampas, plantillas, etc.

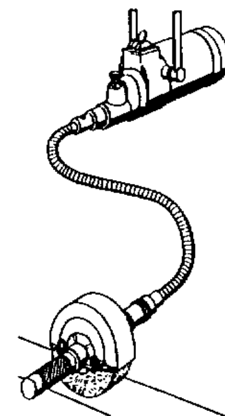


Fig. 167,1. Aparato de esmerilar con eje flexible.

T. 167,1. Aglutinante y velocidad de corte en el afilado de herramientas y en el desbarbado a mano

Tipo de esmerilado	Pieza de	Aglutinante	Velocidad de corte en m/s
Afilado herramientas	Acero de herramientas, acero rápido, metales duros	cerámico vegetal	15 ... 25 15 ... 25 ... 45
Desbarbar y limpiar a mano	Metal ligero, fundición gris, bronce acero, fundición maleable	cerámico	15 25 30

[1] Véase Jütz-Scharkus, Stoff-Zahl-Form. Tabellen für das Metallgewerbe (Material-Número-Forma. Tablas para la Industria metalúrgica). Brunswick, 1954, pág. 88.

Refrigeración durante el esmerilado.

Las chispas que se producen durante el esmerilado (virutas metálicas incandescentes) muestran claramente que en virtud del rozamiento entre la pieza y la muela se producen altas temperaturas. El calor se transmite a la muela y a la pieza. La muela puede estallar en pedazos a causa del calentamiento. La pieza puede deformarse y si está templada puede perder el temple. El colorido que adquiere la pieza es una señal segura de que hay sobrecalentamiento.

Con objeto de desviar el calor se emplea refrigeración. El líquido refrigerante que al mismo tiempo debe arrastrar las virutas producidas debe bañar la parte que se trabaja con un potente chorro. Como refrigerante se emplea agua, con adición de sosa en proporción de un 5 %, o emulsión para esmerilar.

El acero se esmerila, por lo general, en húmedo; la fundición, con frecuencia, en seco.

Después de terminado el trabajo de esmerilado y de haber suprimido la afluencia del líquido refrigerante, debe seguir la muela rodando un corto espacio de tiempo con objeto de que despida el líquido con que está humedecida.

El esmerilado en seco *tiene que emplearse* cuando la muela está calificada *para trabajo solamente en seco*. El calor excesivo se evita mediante reducido arranque de viruta.

Para evitar grietas de tensiones interiores no se debe nunca trabajar al principio en seco y luego de repente establecer el chorro refrigerante.

Prevención de accidentes al esmerilar.

1. Reconózcase la muela antes de montarla por si tuviera grietas.
2. Verifíquese si la muela rueda redondo.
3. Antes de usarla por primera vez sométase la muela a funcionamiento de ensayo.
4. No sobrepase nunca la velocidad periférica admisible.
5. Úsese una protección para los ojos.
6. Al afilar en la máquina de afilar, la protección de la muela no debe distar nada más que 2 mm de la muela, pues en caso contrario pudiera entrar la herramienta entre la protección y la muela y producirse el estallido de ésta.
7. Cuando se trabaja en seco deben aspirarse las virutas.
8. No quite la coraza protectora.
9. No toque la muela en marcha.



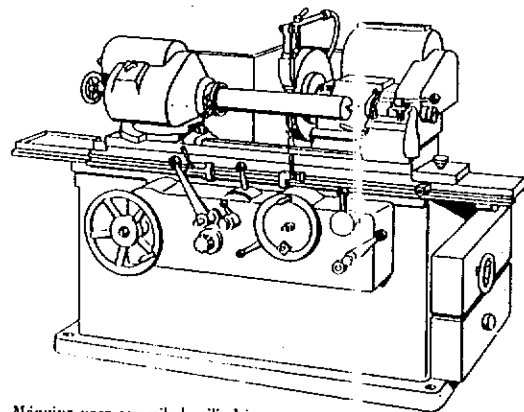


Fig. 168,1. Máquina para esmerilado cilíndrico.

Esmerilado cilíndrico.

Mediante el esmerilado puede conferirse a las piezas exactitud de medidas y elevada calidad superficial. Se distingue entre esmerilado cilíndrico exterior e interior.

La *exactitud de medidas* puede conseguirse mediante el esmerilado mucho más fácilmente que en el torneado, ya que el espesor de viruta es en el esmerilado muy pequeño, por ejemplo del grado de 0,0025 a 0,03 mm. El mantenimiento de pequeñas tolerancias es muy importante cuando se trata de fabricar piezas o herramientas intercambiables. Una *elevada calidad superficial* disminuye el rozamiento en piezas deslizantes y favorece con ello las condiciones del movimiento y del apoyo; aparte de esto, aumenta la resistencia por disminución de la sensibilidad al entallado.

Esmerilado cilíndrico exterior.

Mediante esmerilado pueden trabajarse cuerpos de revolución cilíndricos y cónicos. Durante el proceso de esmerilado, tanto la muela como la pieza que se trabaja, realizan determinados movimientos (fig. 169,1).

El avance lateral es realizado, según el tipo de las máquinas, unas veces por la pieza (tipo Norton) y otras por la muela (tipo Landis).

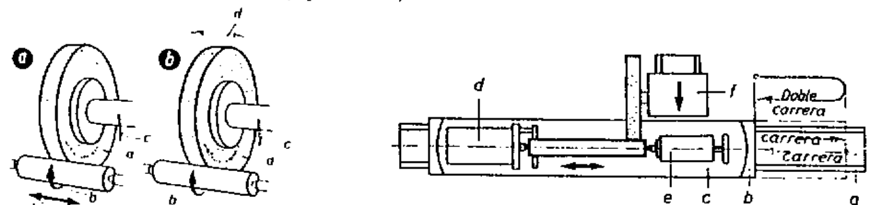


Fig. 169,1 (izquierda). Movimientos en el esmerilado cilíndrico. *a*) Movimiento principal circunferencial (movimiento de corte) de la muela esmeril; *b*) movimiento de rotación de la pieza; *c*) avance en profundidad para ajustar el espesor de viruta (profundidad de ajuste); *d*) avance lateral; (*a*) avance lateral por medio de la pieza; (*b*) avance lateral por medio de la muela.

Fig. 169,2 (derecha). Representación simplificada de una máquina para esmerilado cilíndrico (tipo Norton). *a*) Bancada; *b*) mesa inferior; *c*) mesa superior; *d*) cabezal fijo para la pieza; *e*) cabezal móvil; *f*) cabezal fijo de la muela.

Máquinas para esmerilado cilíndrico.

Los movimientos necesarios para el esmerilado se realizan por medio de la máquina para esmerilado cilíndrico. El tipo más corriente es el de Norton (figs. 168,1; 169,2).

La bancada de la máquina de esmerilar soporta el cabezal móvil de la muela y la mesa de la máquina con los cabezales fijo y móvil de la pieza.

El cabezal fijo de la muela comunica a ésta el *movimiento principal de rotación* y el avance en profundidad. Está dispuesto de modo desplazable sobre una consola lateral de la bancada. La muela está montada sobre el husillo correspondiente que recibe su movimiento de un motor.

Por medio del **cabezal fijo de la pieza** obtiene ésta su movimiento de rotación, que es producido por accionamiento de un motor. Un sistema de engranajes dispuesto en el interior hace posible el establecimiento de diversas velocidades de rotación. La punta del cabezal está generalmente dotada de un movimiento de rotación y para el arrastre se utiliza un plato de arrastre que se rosca al husillo de la pieza. La muela y la pieza tienen el mismo sentido de giro de modo que en definitiva se mueven en sentidos encontrados (véase fig. 171,2, pág. 171).

La mesa de la máquina da lugar al *avance lateral* (movimiento longitudinal). Consta de la mesa inferior y de la superior. Sobre la mesa superior se hallan atornillados el cabezal fijo de la pieza y el cabezal móvil, ambos desplazables en unas guías. La pieza se sujeta entre las puntas de ambos cabezales. La mesa se mueve a un lado y a otro accionada por mecanismo de engranajes o hidráulicamente (fig. 170,1, pág. 170) y tiene su movimiento longitudinal limitado por topes desplazables. Un trayecto de ida y vuelta se llama doble carrera, y uno de ida o vuelta, carrera.

El avance lateral debe disponerse de magnitud mayor o menor, según sea la calidad exigida al esmerilado. Con el mecanismo de engranajes no puede disponerse nada más que de un *número limitado* de avances (velocidades de la mesa). El accionamiento hidráulico permite una regulación de la velocidad de la mesa *sin escalonamiento*, dentro de ciertos límites (fig. 170, 1).

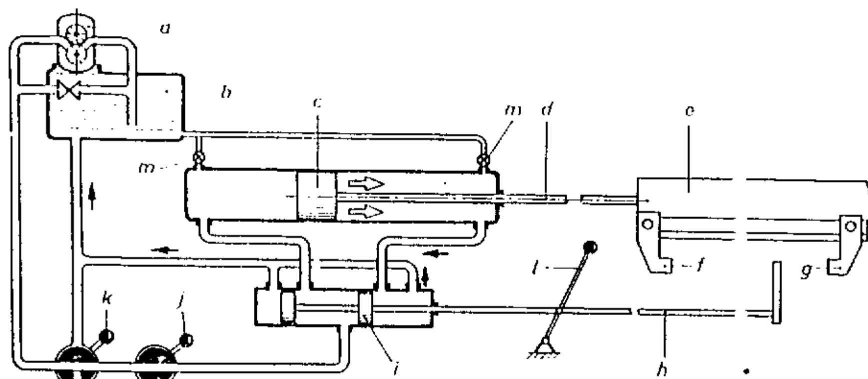


Fig. 170,1. Modo de funcionar el accionamiento hidráulico de la mesa (representación simplificada). La bomba de engranajes *a*, accionada por un motor, aspira aceite del depósito de aceite *b* y lo comprime en el lado izquierdo o en el derecho del émbolo *c*. El vástago *d* de ese émbolo transmite el movimiento a la mesa *e* de la máquina. La longitud de carrera (longitud de esmerilado) puede ajustarse mediante topes *f*, *g*. Cuando, por ejemplo, tropieza el tope *f* contra la barra de mando *h*, cerrará el émbolo de distribución *i* la entrada al lado izquierdo y abrirá la del lado derecho. La velocidad de la mesa puede regularse sin escalonamiento mediante estrangulación de la entrada de aceite. Para esto se utiliza el grifo regulador *j*. Mediante el grifo *k* puede suprimirse la entrada de aceite al cilindro. La palanca de mano *l* sirve para invertir y para paralizar el movimiento de la mesa.

El cabezal móvil sirve de apoyo a la pieza. La pínula del cabezal con la contrapunta es empujada por medio de un resorte contra la pieza, de modo que ésta puede dilatarse libremente cuando se calienta.

Montaje de retorneado. El rectificado de muelas de precisión tiene lugar por medio de un diamante que se coloca en un montaje de retorneado. Éste último se sujeta o en el cabezal móvil, o en la mesa, o en el cabezal de la muela (fig. 170,3).

Por medio de apoyos intermedios (lunetas) se impide que se flexen las piezas muy delgadas.

El esmerilado cilíndrico en el torno (fig. 170,2) se emplea en casos excepcionales. Hace falta para utilizar este procedimiento un aparato de esmerilar que se sujete en el carrito superior del torno. Hay que proteger cuidadosamente las guías del torno contra el polvillo de esmeril y contra el agua refrigerante empleada.

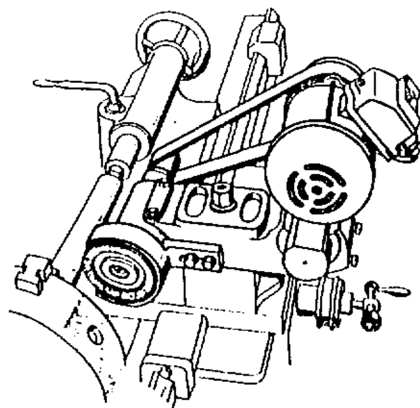


Fig. 170,2. Esmerilado en el torno.

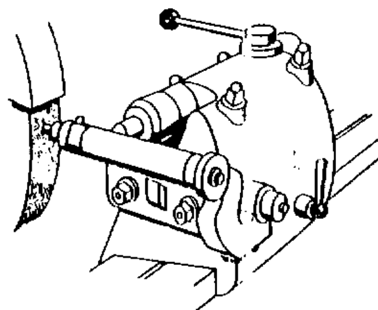


Fig. 170,3. Montaje para rectificar muelas en el cabezal móvil.

Esmerilado longitudinal.

La forma y las dimensiones de las piezas exigen en el esmerilado cilíndrico exterior el empleo de distintos procedimientos de trabajo. Las piezas largas, como, por ejemplo, árboles, pernos, vástagos, etc., se trabajan mediante *esmerilado longitudinal*. Las piezas se sujetan entre puntas (fig. 171,1).

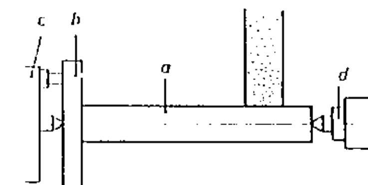


Fig. 171,1. Sujeción entre puntas. *a*) Pieza; *b*) arrastradera; *c*) plato de arrastre; *d*) cabezal móvil.

Para realizar un trabajo económico hay que tener en cuenta, además de la elección de una muela adecuada: velocidad de corte de la muela, velocidad de rotación de la pieza, penetración o profundidad de la pasada, avance lateral y refrigeración.

Elección de la muela. Para el esmerilado longitudinal se emplean preferentemente muelas planas.

Por regla general, y a pesar de su más rápido desgaste, resultan más económicas las muelas blandas que las duras, porque las primeras se mantienen «afiladas» por sí solas y dan un mayor rendimiento de viruta (T. 173,1, pág. 173).

Velocidad de corte y número de revoluciones de la muela. La velocidad de rotación o de corte económica se deduce de T. 173,1, página 173.

Cuanto mayor es la velocidad de corte, tanto más rápidamente se realiza el trabajo de esmerilado; las velocidades indicadas en la tabla no deben por esta razón rebajarse. Pero también hay que evitar las velocidades mayores, porque entonces las muelas se ensucian, se pulen y no agarran; la pieza se recalienta y el esmerilado resulta poco presentable, existiendo además peligro de accidente.

El número de revoluciones puede calcularse (véase pág. 167) o tomarse de una tabla.

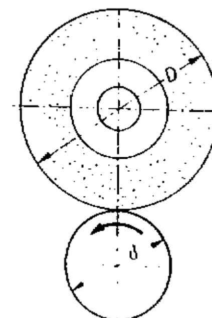


Fig. 171,2. Sentido de giro de la muela (*D*) y de la pieza (*d*).

Velocidad periférica y número de revoluciones de la pieza. La velocidad periférica se da en m/min. Esta velocidad influye sobre la calidad del esmerilado; si es pequeña, el esmerilado resulta fino, y si es grande, resulta basto (T. 173,2, pág. 173).

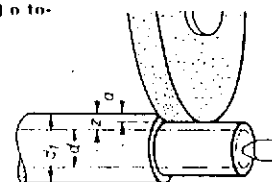


Fig. 171,3. Profundidad de la pasada en el esmerilado. d_1) Medida original; *d*) medida de ajuste; *z*) exceso para esmerilar; *a*) profundidad de la pasada (dibujo exagerado).

Cálculo del número de revoluciones.

v_w = velocidad periférica de la pieza en m/min.
d = diámetro de la pieza en mm.
n_w = número de revoluciones de la pieza por min.

Número de revoluciones de la pieza $\boxed{n_w = \dfrac{v_w \cdot 1000}{\pi \cdot d}}$

Ejemplo. Hay que esmerilar un árbol de acero St 50.11 de diámetro igual a 50 mm. Se desea calcular n_w.

Solución v_w 15 m/min, según la tabla 173,2.

$$n_w = \frac{v_w \cdot 1000}{\pi \cdot d} = \frac{15 \text{ m/min} \cdot 1000}{3{,}14 \cdot 20 \text{ mm}} \approx 239 \text{ rev/min.}$$

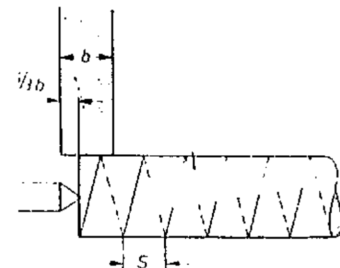


Fig. 171,4. Avance lateral. *b*) anchura de la muela; *s*) avance lateral en mm por cada revolución de la pieza (1/4 ... 4/5 b).

Penetración o profundidad de la pasada.

En el desbastado: 0,01 ... 0,03 mm.
En el afinado: 0,0025 ... 0,005 mm.
Para el avance lateral, véase T. 173,3.

RECTIFICADO DE ÁRBOLES

Ejemplo de trabajo.

Trabajo encargado. Terminar de mecanizar, por rectificado de las partes que han de ir ajustadas, un eje para rueda helicoidal (fig. 172,2) (véase mecanismo de tornillo sin fin en pág. 211).

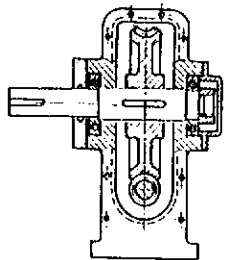


Fig. 172,1. Mecanismo de tornillo sin fin.

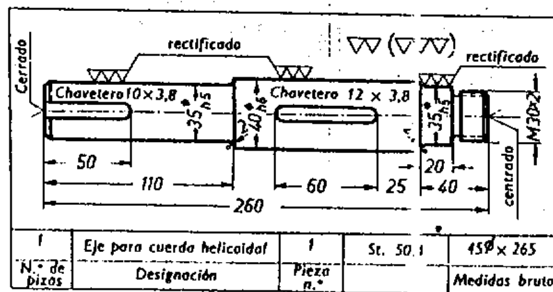
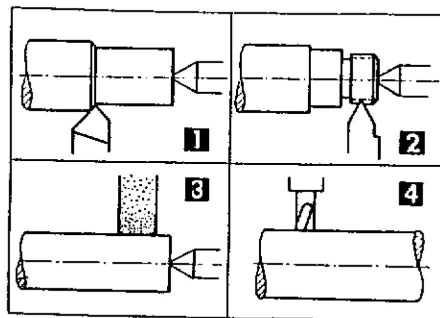


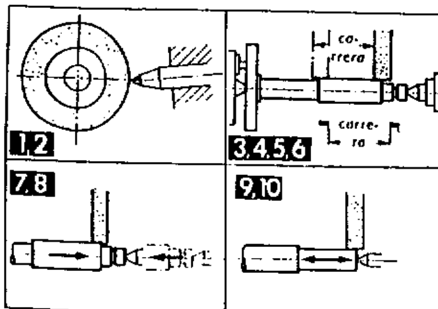
Fig. 172,2. Plano de taller.

Plan de trabajo para el mecanizado total del árbol.



	Fases del trabajo	Máquina-herramienta
1	Torneado	Torno
2	Tallado de la rosca	Torno
3	Rectificado	Máquina de rectificado cilíndrico
4	Fresado de ranuras	Máquina fresar

Plan de trabajo para el rectificado del árbol.



1	Sujeción de la muela y ajuste del número de revoluciones	Muela de 200 × × 30, corundum cerámico, M.46 V
2	Rectificado de la muela	Aparato de rectificar muelas
3	Sujeción de la pieza entre puntas	Arrastradera o perro
4	Ajuste del número de revoluciones de la pieza	—
5	Verificación de si la máquina tiene giro redondo	—
6	Ajuste del avance y de la longitud de carrera	—
7	Desbastado a los diámetros 40 h6, 35 h5	—
8	Afinado a los diámetros 40 h6, 35 h5	—
9	Dése vuelta a la pieza	—
10	Desbastado y afinado el diámetro 35 h5	—
Instrumentos de medición y verificación: calibre de profundidades, pálmer, calibre de herradura		

Rectificado del árbol.

Para el trabajo de rectificado se presta bien una muela de diámetro igual a 200 mm y de 30 mm de anchura, de corundum, aglutinante cerámico, dureza M, grano 46 y estructura V.

Antes de empezar el trabajo ha de ser comprobado el árbol en cuanto a que gire redondo y en cuanto a corrección de medidas.

Para la sujeción entre puntas se utilizan vainas de protección y arrastradera. Los agujeros de centrado se llenan con algún medio lubricante (aceite viscoso o sebo).

En el extremo de la carrera la muela no debe sobrepasar de la pieza nada más que en 1/3 de su anchura, pues si no fuera así y saliera completamente de la pieza, los extremos de ésta resultarían más delgados como consecuencia del aumento de la presión de esmerilado.

La muela y la pieza deben girar con el número preciso de revoluciones. La longitud de la carrera se fija mediante topes. Para el avance lateral se escoge el de unos 12 mm por revolución de la pieza y para la profundidad de corte unos 0,02 mm. Cuando el esmerilado es de afino, tanto el avance como la profundidad son menores. Una vez que la muela ha hecho el recorrido completo con el último ajuste de profundidad, se la hace pasar nuevamente sobre la pieza sin nuevo ajuste, hasta que no salgan más chispas. Mediante esta operación de «desfogue» («Ausfeuern») se mejora la superficie. Para el esmerilado de redondeamientos ha de estar la muela convenientemente redondeada. Antes de empezar el rectificado hay que establecer el chorro del líquido refrigerante.

Medición y verificación del árbol.

Las medidas de ajuste ⌀ 40 h6 y ⌀ 35 h5 se verifican con calibres adecuados. Es fundamental hacer las verificaciones con la máquina parada.

Para verificar la naturaleza de la calidad superficial es costumbre comparar la superficie rectificada con una muestra normalizada. Existen, además, aparatos especiales para verificación de superficies.

T. 173,1. Velocidad de corte (vel. periférica) de la muela en m/s

Material	Esmerilado cilíndrico		Esmerilado interior	
	Aglutinante	Velocidad de corte	Aglutinante	Velocidad de corte
Acero	cerámico	25 ... 35	cerámico	20 ... 25
Fundición gris		20 ... 25		20 ... 25
Metales ligeros		15		15

T. 173,2. Velocidad periférica de la pieza en m/min.

Material	Mecanizado	Esmerilado cilíndrico		Esmerilado interior	
		vel. periférica	grano/dureza	vel. periférica	grano/dureza
Acero blando	desbastado afinado	12 ... 15 9 ... 12	46 L ... M	16 ... 21 —	45 ... 50 J ... 0
Acero templado	desbastado afinado	14 ... 16 9 ... 12	46 K	— 18 ... 23	46 K ... 60 H
Fundición gris	desbastado afinado	12 ... 15 9 ... 12	46 K	— 18 ... 23	40 ... 46 K ... M
Latón	desbastado afinado	18 ... 20 14 ... 16	36 K ... 46 J	— 25 ... 30	36 K ... 46 J
Aluminio	desbastado afinado	40 ... 50 28 ... 35	30 K ... 40 J	— 32 ... 35	30 H

T. 173,3. Avance lateral por revolución de la pieza, en fracciones de la anchura de la muela

Material	Esmerilado cilíndrico		Esmerilado interior	
	desbastado	afinado	desbastado	afinado
Acero	2/3 ... 3/4	1/4 ... 1/3	1/2 ... 3/4	1/5 ... 1/4
Fundición gris	3/4 ... 5/6	1/3 ... 1/2	2/3 ... 3/4	1/4 ... 1/3

Distintos procedimientos de esmerilado cilíndrico, esmerilado de cortado de piezas.

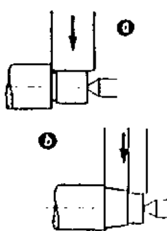


Fig. 174.1. Esmerilado penetrante y de forma. *a*) Esmerilado penetrante; *b*) esmerilado de forma.

Esmerilado penetrante y de forma (fig. 174.1).

Las zonas cortas se mecanizan por esmerilado penetrante. Se trabaja entonces accionando sobre el avance en profundidad.

En el esmerilado de forma, la muela debe tener el perfil de la pieza acabada. El perfil de la muela se consigue mediante un montaje especial de torneado.

Esmerilado cónico (fig. 174.2).

Para esmerilar conos delgados se hace girar la mesa superior en un valor igual a la mitad del ángulo de conicidad.

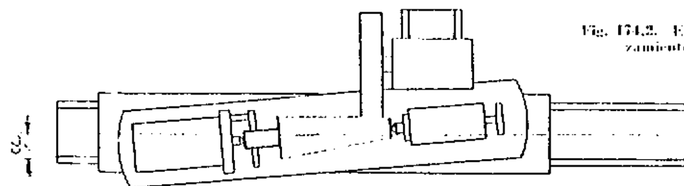


Fig. 174.2. Esmerilado cónico con desplazamiento de la mesa superior.

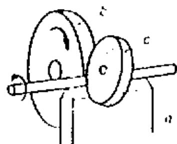


Fig. 174.3. Esmerilado sin puntas: *a*) Guía; *b*) muela; *c*) muela de avance.

Los conos cortos pueden lograrse, según sea el tipo de la máquina de que se dispone, o bien por desplazamiento del cabezal de la pieza o por desplazamiento del cabezal de la muela.

Esmerilado sin puntas (fig. 174.3).

Este procedimiento se emplea en la fabricación en serie. Se realiza en la máquina de esmerilar sin puntas y la pieza no necesita estar centrada. Se halla dispuesta sobre una guía entre dos muelas y es esmerilada por la muela mayor. La muela pequeña es la muela de avance: rueda con velocidad periférica menor que la muela grande y frena el movimiento de rotación que esta última transmite a la pieza, reduciéndola al número de revoluciones que se desean. Mediante la muela de avance situada en posición inclinada es empujada la pieza contra la muela grande.

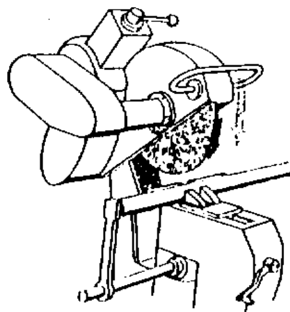


Fig. 174.4. Esmerilado de corte.

Defectos en el esmerilado.

Los defectos más corrientes en el esmerilado son las grietas, las manchas por calentamiento, las marcas de vibración y las rayas cruzadas (véase pág. 175).

El cortado con muela (fig. 174.4).

Las piezas de acero sin templar o templado, la fundición gris, el latón, el aluminio, etc., pueden cortarse en brevísimo tiempo mediante esmerilado de corte. Las muelas empleadas para ello son de electrocorindum o de carburo de silicio con aglutinante de bakelita. Tienen diámetro hasta de 400 mm y anchura hasta de 3,2 mm. La velocidad periférica es de 75 ... 80 m/s. Las piezas tienen que estar fuertemente sujetas.

Defecto de esmerilado	Remedio
Las grietas de esmerilado se presentan por sobrecalentamiento local. En virtud de la diferencia de temperatura entre la superficie de la pieza y su núcleo se producen tensiones que conducen a la formación de grietas. Las piezas con grietas de esmerilado no son utilizables, ya que con el uso se quiebran.	Evitar el desarrollo excesivo de calor por ejemplo mediante una adecuada velocidad de corte o con ayuda de muelas afiladas (no embotadas) o de refrigeración suficiente.
Las manchas de calentamiento se señalan frecuentemente por coloridos característicos. Las piezas templadas pueden perder con ello el temple.	
Las rayas de vibración pueden producirse por sacudidas, por ejemplo, a causa de mal apoyo del husillo, desequilibrio de la muela o sujeción deficiente.	Ajuste de los cojinetes, equilibrado de la muela, verificar las puntas y agujeros de centrado, uso de lunetas.
Las rayas cruzadas se producen cuando la muela es demasiado basta.	Empléese una muela más fina.

Cálculo del tiempo principal en el esmerilado cilíndrico (fig. 175.1).

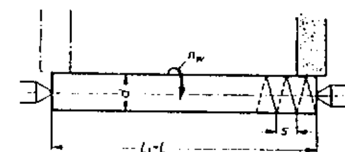


Fig. 175.1. Tiempo principal en el esmerilado cilíndrico.

L_1 = longitud de la pieza en mm;
L = longitud a esmerilar en mm;
s = avance en mm por revolución de la pieza;
n_w = número de revoluciones de la pieza por minuto;
i = número de cortes o pasadas.

El tiempo principal se deduce multiplicando la longitud a esmerilar por el número de pasadas (camino o recorrido total) y dividiendo el resultado por el avance realizado cada minuto. Avance por minuto = avance por revolución de la pieza · número de revoluciones por minuto.

Tiempo principal cuando el avance en profundidad se realiza a cada carrera.

$$t_h = \frac{L \cdot i}{s \cdot n_w}$$

Tiempo cuando el avance en profundidad se realiza a cada doble carrera.

$$t_h = \frac{2 \cdot L \cdot i}{s \cdot n_w}$$

Ejemplo: Se quiere rectificar un árbol de St 42.11, ⌀ 40 y 400 mm de longitud. El árbol nos es suministrado con un diámetro igual a 40.3. Se quiere calcular el tiempo principal. Datos: Muela de 40 mm de anchura, avance en profundidad cada doble carrera igual a 0.01 mm (el retroceso sin actuación del avance).

Solución: 1. *Número de revoluciones de la pieza.* La velocidad periférica es, según la tabla 173.2 igual a 12 m/min.

$$n_w = \frac{v_w \cdot 1000}{\pi \cdot d} = \frac{12 \text{ m/min} \cdot 1000}{3.14 \cdot 40 \text{ mm}} \approx 95 \text{ rev/min.}$$

2. *Avance.* De acuerdo con la tabla 173,3 se elige igual a 1/2 de la anchura de la muela por cada revolución de la pieza. $s = 40 \text{ mm} \cdot 0.5 = 20$ mm por revolución de la pieza.

3. *Número de cortes o pasadas.* Exceso para el rectificado referido al radio 0,3 : 2 = 0,15 milímetros.

$$i = \frac{\text{exceso para el rectificado}}{\text{profundidad de la pasada}} = \frac{0{,}15 \text{ mm}}{0{,}01 \text{ mm}} = 15$$

4. *Tiempo principal:*

$$t_h = \frac{2 \cdot L \cdot i}{s \cdot n_w} = \frac{2 \cdot 400 \text{ mm} \cdot 15}{20 \text{ mm} \cdot 95 \text{ rev/min.}} \approx 6{,}31 \text{ minutos.}$$

Esmerilado cilíndrico interior.

Mediante el *esmerilado interior* pueden rectificarse taladros cilíndricos y cónicos.

Según sea la forma de la pieza pueden distinguirse dos tipos de esmerilado.

1. Esmerilado de piezas que *pueden girar*, por ejemplo, casquillos, anillos.
2. Esmerilado de piezas que *no pueden girar*, por ejemplo, cilindros de automóvil.

Fig. 176.1. Movimientos en el rectificado interior. *a)* Movimiento de corte de la muela; *b)* movimiento de rotación de la pieza; *c)* movimiento de ajuste del avance en profundidad de la muela; *d)* avance lateral mediante movimiento longitudinal de la pieza o de la muela.

Máquinas para rectificado interior.

Las piezas que pueden *girar* durante el esmerilado, se trabajan en la máquina para rectificar interiores.

Lo mismo que en el rectificado cilíndrico exterior se necesitan también en el trabajo de rectificado interior cuatro movimientos (fig. 176.1).

La máquina para rectificado interior (fig. 176.2) es de constitución semejante a la que se emplea para el rectificado exterior.

En el cabezal de la muela va dispuesto el husillo con sus cojinetes correspondientes y la muela volada. La muela recibe de un motor su *movimiento principal rotatorio.* Como las muelas tienen un diámetro pequeño se necesita imprimirles un elevado número de revoluciones. Para el trabajo de taladros grandes o pequeños, largos o cortos, pueden montarse husillos de diferentes gruesos y longitudes.

El cabezal de la pieza tiene un plato giratorio de sujeción para las piezas. El movimiento lo proporciona un motor. Mediante sistemas de engranajes puede disponerse de diversos números de revoluciones.

La mesa de la máquina soporta el cabezal de la muela y da lugar al *avance lateral.*

El *avance lateral* se realiza en las máquinas pequeñas por medio del avance del cabezal de la pieza y en las grandes por medio de la traslación del cabezal de la muela.

El *avance en profundidad* lo realiza el cabezal de la muela. La máquina universal de rectificar se presta para el esmerilado interior y para el exterior.

Sujeción de las piezas. Las piezas de paredes gruesas se sujetan en el plato de sujeción y las de paredes delgadas se disponen en montajes de sujeción.

Elección de la muela. Habrá que escoger una muela blanda porque la superficie de contacto entre la muela y la pieza es grande.

Fig. 176.2. Máquina para esmerilado interior. *a)* Cabezal de la pieza; *b)* plato de sujeción; *c)* pieza; *d)* muela; *e)* husillo de la muela; *f)* cabezal de la muela.

Máquina de esmerilado interior con husillo de movimiento excéntrico compuesto (fig. 176.3). Se emplea esta disposición para esmerilar piezas *que no pueden girar.*

La pieza se sujeta en un carro-soporte de movimientos en cruz y mediante acción de un husillo longitudinal y otro transversal se ajusta con respecto al husillo de la muela. En virtud de su especial construcción, el husillo de la muela puede realizar los siguientes movimientos: movimiento de corte de la muela, avance lateral, avance en profundidad y además un movimiento de rodadura (movimiento planetario o excéntrico) en el interior del taladro que se rectifica.

Fig. 176.3. Movimientos en la máquina de esmerilar con husillo de movimiento excéntrico compuesto (movimiento planetario). *a)* Movimiento de corte de la muela; *b)* movimiento planetario del husillo de la muela; *c)* avance lateral del husillo de la muela; *d)* avance en profundidad del husillo.

RECTIFICADO DE TALADROS

Ejemplo de trabajo.

Trabajo encargado: Rectificar un calibre de anillo (fig. 177.1) interiormente y en sus caras frontales. Se suministra templado y con exceso para el esmerilado.

El esmerilado es, generalmente, el único medio para terminar a su medida final piezas templadas.

Plan de trabajo para el mecanizado total.

	Fases del trabajo	Máquinas y herramientas
1	Torneado y taladrado	Torno
2	Moleteado en x	Torno
3	Templado	Horno de templar
4	Rectificado	Máquina para esmerilado interior

1	Aro para calibre	1	C100W2
Nº de pzas.	Designación	Pieza Nº	Material

Fig. 177.1. Plano de taller.

Plan de trabajo para el rectificado.

1	Colocación del husillo de la muela para esmerilado interior	Husillo de muela para esmerilado interior
2	Sujeción del cuerpo esmerilante	Muela ⌀ 24, anchura 15, corundum, cerámico, K. 60.V
3	Repaso o rectificado de la muela	Diamante para rectificar
4	Sujeción de la pieza y nivelación de la misma	Plato de tres mordazas, amplificador de esfera
5	Esmerilado previo del taladro a ⌀ 29.85	—
6	Repaso para afinado de la muela	Diamante de rectificar
7	Afinado del taladro a ⌀ 30 H7	—
8	Quitar la muela plana y poner una de vaso	Muela de vaso Corundum, ceram., I.36.V
9	Esmerilado plano de la cara frontal 1.ª	—
10	Se da la vuelta a la pieza	—
11	Esmerilado plano de la cara frontal 2.ª	—
Instrumentos de medida y verificación: pálmer, calibre macho de tolerancias, amplificador de esfera		

Rectificado del calibre de anillo.

Hay que escoger un husillo para la muela de esmerilado interior tan corto y grueso como sea posible. La pieza, templada como está y además con gran superficie de contacto con la muela, exige que ésta sea blanda. Para una velocidad de corte de 20 m/s se necesitarán 15300 rev/min en la muela. Durante el esmerilado no deberá salir la muela del agujero, sino en 1/3 aproximadamente de su anchura. Si sale del todo, el taladro resultará con más diámetro en los extremos. En el esmerilado plano no debe ser la muela de vaso demasiado pequeña. Para ahorrarse uno la nivelación a la hora de rectificar la 2.ª cara frontal, puede emplearse un plato de sujeción magnético.

Esmerilado plano.

Mediante esta operación se consiguen superficies planas en las piezas. Puede tratarse aquí del esmerilado basto, o de desbastado, o del esmerilado de afinado (fig. 178,1).

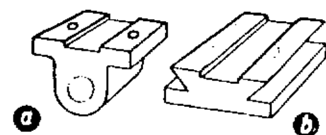


Fig. 178,1. Ejemplos del esmerilado plano. a) Esmerilado basto de una superficie de apoyo; b) afinado por esmerilado de una superficie de deslizamiento.

El esmerilado basto o de desbastado sirve frecuentemente para obtener superficies de apoyo en piezas fundidas, prensadas o forjadas. En esa operación no tiene tanta importancia la exactitud de medidas o la calidad superficial como el buen rendimiento del esmerilado. El esmerilado es, en este caso, más barato generalmente que el fresado o el cepillado.

El terminado o afinado por esmerilado tiene por objeto conseguir, en piezas previamente mecanizadas, una mayor exactitud de medidas o una mejor calidad superficial que la que sería posible obtener por fresado o por cepillado; éste es el caso, por ejemplo, en el terminado de planos de ajuste, de guía o de medida. Mediante el esmerilado se hace frecuentemente innecesaria la cara operación del rascado.

En muchos casos se consigue que piezas en estado bruto obtengan por esmerilado sus dimensiones exactas y su buena calidad superficial.

Esmerilado frontal y esmerilado tangencial.

Las superficies planas pueden esmerilarse con la cara frontal (esmerilado frontal) o con la periferia de la muela (esmerilado tangencial).

Máquinas de esmerilado plano para esmerilado frontal.

Hay máquinas con husillo vertical y con husillo longitudinal. La mesa de esmerilar puede ser de forma longitudinal o redonda (fig. 178,2).

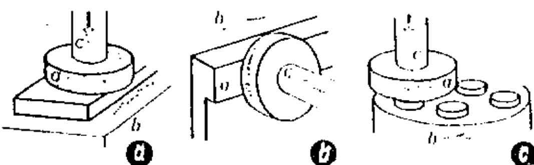


Fig. 178,2. Esmerilado frontal de superficies. a) Movimiento de corte; b) movimiento de avance de la pieza; c) avance en profundidad; (a) esmerilado con husillo vertical de esmerilar; (b) esmerilado con husillo horizontal de esmerilar (mesa longitudinal); (c) esmerilado en la mesa redonda.

Las máquinas con árbol o husillo de esmerilar vertical se prestan bien para trabajar piezas cuya superficie de apoyo sea paralela a la superficie que se va a esmerilar.

Las máquinas de árbol de esmerilar horizontal se emplean cuando la superficie a esmerilar tiene una posición normal a la de apoyo.

Las máquinas para esmerilado plano se construyen para longitudes de trabajo de hasta 1500 mm. Las máquinas mayores necesitan para su accionamiento hasta 40 HP.

Las *partes principales* de una máquina con husillo vertical son: bancada, mesa o plato longitudinal y soporte o cuerpo con carro corredizo para el cabezal.

El husillo o árbol de esmerilar lleva la muela y va fijo con soportes al carro corredizo del cabezal. Un motor da al árbol el *movimiento principal*. Para ajustarlo sobre la pieza, el árbol de esmerilar puede correrse verticalmente a lo largo del soporte o cuerpo de la máquina. Un dispositivo de accionamiento micrométrico da lugar al *avance en profundidad d*.

La mesa longitudinal sirve para sujetar a ella la pieza. Resbala en las guías de la bancada y se maniobra hidráulicamente a un lado y a otro. Por medio de topes se limita el *movimiento de avance*.

Esmerilado frontal. En virtud de la gran superficie de contacto que existe entre la muela y la pieza toman parte en el esmerilado simultáneamente muchos granos abrasivos y por esta razón en el esmerilado frontal se obtiene un *gran rendimiento de producción.*

Elección de la muela. Se emplean generalmente muelas de vaso y de segmentos.

La muela de vaso se presta especialmente bien para el esmerilado de planos interrumpidos o de superficies accidentadas. En superficies anchas y completas resulta difícil la refrigeración.

La muela de segmentos es más ventajosa que la de vaso para el esmerilado de superficies anchas y completas, porque los espacios intermedios entre segmento y segmento facilitan una buena afluencia del líquido refrigerante y una buena salida de virutas.

El diámetro de la muela debe ser mayor que la anchura a esmerilar. La gran superficie de contacto exige muelas blandas.

La velocidad de corte (de 20 a 25 m/s), la velocidad de la pieza (hasta 14 m/min) y el avance en profundidad dependen de la anchura y de la clase de superficie a esmerilar y además de la calidad superficial exigida (véanse T. 173,1 y 2).

La posición del husillo de la muela influye sobre la figura que adopta la superficie esmerilada (fig. 179,1). Cuando el husillo está exactamente normal a la superficie de sujeción, se da lugar al esmerilado en cruz. La superficie esmerilada es fácil que pueda resultar ligeramente abombada. Para evitar este defecto, se puede o bien escoger una muela mayor o bien inclinar el cabezal en algunas milésimas de milímetro. La muela inclinada no trabaja nada más que con un solo canto, de modo que resulta el esmerilado en forma radiada. Cuando la inclinación es excesiva, la superficie trabajada resulta cóncava.

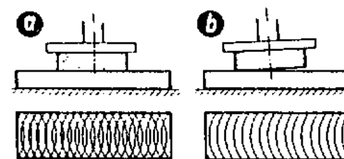


Fig. 179,1. Aspectos de la superficie obtenida en el esmerilado frontal. a) Esmerilado en cruz; b) esmerilado radial.

Máquinas de esmerilado plano para esmerilado tangencial.

Las máquinas se construyen igualmente con mesa redonda o con mesa longitudinal (figuras 179,2 y 3).

El husillo de esmerilar está dispuesto horizontalmente y es accionado por un motor. Es desplazable en altura.

La mesa longitudinal desliza sobre la bancada en que está montado el mecanismo de accionamiento hidráulico del avance. Mediante el avance transversal pueden desplazarse la mesa o la muela normalmente al movimiento longitudinal.

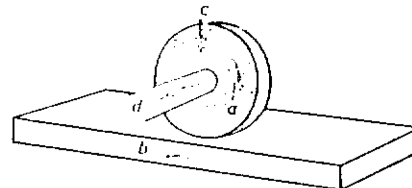


Fig. 179,2. Esmerilado plano tangencial con mesa longitudinal. a) Movimiento de corte; b) movimiento de avance; c) avance en profundidad; d) avance lateral.

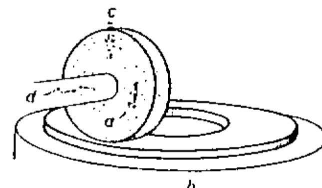


Fig. 179,3. Esmerilado plano tangencial con mesa redonda. a) Movimiento de corte; b) movimiento de avance; c) avance en profundidad; d) avance lateral.

Esmerilado tangencial. La superficie de contacto entre la pieza y la muela es muy pequeña. No se alcanzan, por lo tanto, sino *reducidos rendimientos de producción*. Se obtiene en cambio una gran finura en el trabajo. El esmerilado tangencial se presta especialmente bien para el acabado de superficies largas y estrechas, por ejemplo, listones de guía.

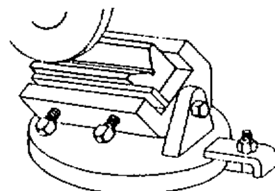


Fig. 180,1. Tornillo de sujeción basculante.

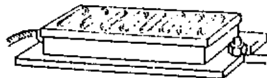


Fig. 180,2. Plato magnético sujeción.

La sujeción de las piezas que han de someterse al esmerilado plano ha de realizarse cuidadosamente.

Las piezas grandes se sujetan con tornillos y bridas sobre la mesa de esmerilar. A veces se emplean montajes de sujeción (fig. 180,1). Cuando la superficie de sujeción está previamente trabajada, se emplean para la sujeción platos magnéticos (fig. 180,2). Estos aminoran considerablemente el tiempo empleado en la sujeción. Después del esmerilado deben desimantarse las piezas de acero o de fundición de hierro que hayan sido sujetadas magnéticamente.

Cálculo del tiempo principal en el esmerilado.

Esmerilado frontal.

l = longitud de la pieza.
L = longitud a esmerilar ($L = l$ + recorrido ulterior).
i = número de pasadas.
v_m = velocidad de la mesa en/m min.

Se supone que el avance en profundidad tiene lugar cada doble carrera:

Tiempo principal $t_p = \dfrac{2 \cdot L \cdot i}{v \cdot 1000}$

Ejemplo:

Se trata de rectificar un listón de 750 milímetros de longitud. El exceso para el esmerilado, que es de 0,6 mm hay que esmerilarlo en 4 pasadas. Velocidad de la mesa 1 m/min. Se quiere calcular el tiempo principal.

Solución:

$L = l$ + recorrido ulterior (recorrido ulterior = ϕ muela).
L = 750 mm + 150 mm = 900 mm.

$$t_p = \frac{2 \cdot L \cdot i}{v_m \cdot 1000} = \frac{2 \cdot 900\ \text{mm} \cdot 4}{2\ \text{m/min} \cdot 1000} = 3{,}6\ \text{min}.$$



Fig. 180,3. Tiempo principal en el esmerilado frontal.

Esmerilado tangencial.

b = anchura de la pieza.
B = anchura a esmerilar ($B = b$).
s = avance lateral en mm/carrera.

Tiempo principal sin avance lateral $t_p = \dfrac{2 \cdot L \cdot i}{v \cdot 1000}$

Tiempo principal con avance lateral $t_p = \dfrac{2 \cdot L \cdot B \cdot i}{v \cdot 1000 \cdot s}$

Ejemplo:

Se trata de rectificar una placa de 190 milímetros de longitud y 150 mm de anchura. El exceso dejado para el esmerilado es de 0,4 mm; número de pasadas = 4; anchura de la muela = 20 mm; avance lateral = 6 mm/carrera; velocidad de la mesa = = 2 m/min; calcúlese el tiempo principal.

Solución:

$B = b + 150$ mm.
$L = l + 2 \cdot 5$ mm = 190 mm + 10 mm = = 200 mm.

$$t_p = \frac{2 \cdot L \cdot B \cdot i}{v \cdot 1000 \cdot s} = \frac{2 \cdot 200\ \text{mm} \cdot 150\ \text{mm} \cdot 4}{2\ \text{m/min} \cdot 1000 \cdot 6\ \text{mm}}$$
20 minutos.



Fig. 180,4. Tiempo principal en el esmerilado tangencial.

RECTIFICADO DE PIEZAS RECTAS PARALELEPIPÉDICAS

Ejemplo de trabajo.

Trabajo encargado:

Rectificar mediante esmerilado frontal las cuatro caras longitudinales de la pieza paralelepipédica de la figura 181,1. La pieza se suministra con los correspondientes excesos para esmerilado.



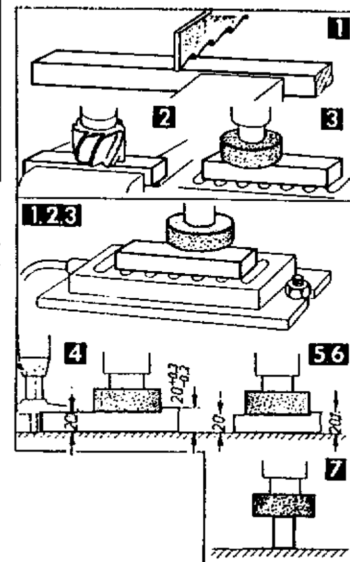
Fig. 181,1. Plano de taller.

Plan de trabajo para el mecanizado total.

	Fases del trabajo	Máquinas y herramientas
1	Cortar la pieza en bruto	Máquina de aserrar
2	Fresado medida de ajuste 30 ± 0,01 medida para esmerilado 30 + 0,3 / + 0,2 medida de ajuste 20 ± 0,01 medida para esmerilado 20 + 0,3 / + 0,2	Fresadora
3	Rectificado	Máquina para esmerilado frontal

Plan de trabajo para el rectificado.

1	Sujeción de la muela	Muela de vaso (1 60 corundum, cerámico, J, 36, V
2	Repaso o rectificado de la muela	Diamante para rectificado
3	Sujeción de la pieza paralelepipédica en el plato magnético	Plato magnético
4	Esmerilado previo y final de la 1.ª cara ancha	—
5	Inversión de la sujeción de la pieza	
6	Esmerilados previo y final de la 2.ª cara ancha	—
7	Inversión de la sujeción y esmerilado de las caras estrechas	Imán auxiliar a
Instrumentos de medida y verificación: pálmer y calibre de profundidades, escuadra y regla de cabello, amplificador de esfera o de cuadrante		



Mecanizado de las piezas paralelepipédicas.

Con objeto de que la sujeción sea buena hay que limpiar a fondo el plato magnético y la pieza. La planitud de la superficie de sujeción del plato magnético se obtiene en caso necesario mediante rectificado. Para ello habrá que trabajar con muy poco avance en profundidad y gran avance lateral.

Para esmerilar el exceso que trae la pieza bastan, por lo general, dos pasadas. El esmerilado final se da con muy poco avance en profundidad.

Medición y verificación de la pieza paralelepipédica.

La exactitud de medidas puede comprobarse, en la pieza sujeta, con el calibre micrométrico de profundidades y en la pieza esmerilada, con el pálmer. Para verificar la perpendicularidad de las caras y la planitud se emplean la escuadra y la regla de cabello, respectivamente. El amplificador de esfera se presta para comprobar el paralelismo de las caras.

AFINADO DE PIEZAS

Los árboles, taladros o superficies planas, aun después de haber sido rectificados, conservan todavía pequeñas irregularidades (fig. 182,1). Cuando resbalan estas piezas una sobre otra, se agarran entre sí esas irregularidades y dan lugar a rozamientos. Las protuberancias se desgastan con el frote. Las partículas de material arrancadas por esta acción abrasiva forman con el medio lubricante una pasta que en virtud de su acción de esmerilado favorece la progresión del desgaste. La consecuencia es que piezas que ajustaban al principio correctamente, como, por ejemplo, los árboles y gorrones en sus cojinetes, acaban por tener un juego exagerado que pone en peligro la seguridad del funcionamiento.

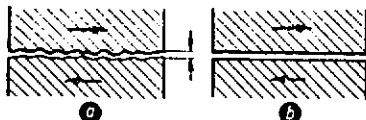


Fig. 182,1. Desgaste de las irregularidades por el deslizamiento de superficies. *a*) Irregularidades existentes antes del frote mutuo (dibujo exagerado); *b*) superficie lisa después del deslizamiento.

Mediante el *afinado* se trata de hacer que las piezas que se fabrican respondan a las más altas exigencias en cuanto a exactitud de dimensiones y a calidad superficial. Si, por ejemplo, se hace que las piezas mecanizadas salgan ya provistas de una elevada calidad superficial desaparece el frotamiento de las superficies que deslizan una sobre otra y con él el desgaste que es su consecuencia. Las piezas tienen una vida más larga y ofrecen una mejor seguridad de servicio.

El vaciado, el repasado y el torneado, así como el taladrado fino constituyen otros tantos procedimientos importantes de trabajo fino. La exactitud de medida se halla generalmente dentro de la zona de calidad ISA 5.



Fig. 182,2. Ejemplos de piezas vaciadas. *a-c*) Piezas redondas vaciadas (pernos *a,c*; válvula *b*); *d-f*) piezas planas vaciadas (placa de apoyo *d*, piezas de guía, *e*, anillo o segmento de pistón *f*).

Vaciado.*

El vaciado es un esmerilado fino de piezas redondas o planas (fig. 182,2) realizado por medio de un esmerilante suelto, pulverulento (material de vaciar).

La elección del material de vaciar se rige por el material a trabajar y por la calidad superficial deseada.

Para el vaciado previo de acero sin templar o templado, fundición de hierro o bronce se emplea polvo de corundum, grano n.º 280 ... 600. Para el vaciado final se presta el óxido de cromo (coloración verde) o la arcilla. Los materiales de vaciar se convierten en una papilla fina con petróleo y aceite. Las superficies de metal duro se vacían con polvo de diamante.

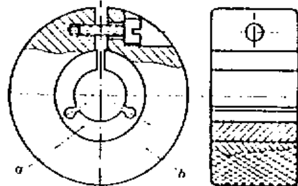


Fig. 182,3. Abrazadera de vaciar. *a*) Anillo de vaciar; *b*) mordaza.

Procedimientos de vaciado. Las piezas a vaciar se mecanizan por lo general previamente por esmerilado. El exceso para el vaciado es de 0,01 milímetros. El vaciado puede hacerse a mano o por medio de máquinas de vaciar.

Vaciado a mano (figs. 182,3,4). Para vaciar un *perno* puede sujetarse éste en el torno. Como útil de vaciar se emplea una mordaza o abrazadera de vaciar con anillo recambiable de cobre, metal blando (para el vaciado previo) o fundición gris (para el vaciado posterior). El material esmerilante se aplica con un pincel sobre el perno. Para el vaciado tiene que girar el perno con una velocidad periférica de unos 20 m/min. El anillo de vaciar es movido a mano de un lado a otro. Véase en la figura 182,4 vaciado de un *taladro*.

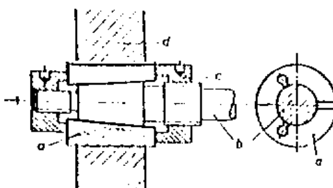


Fig. 182,4. Macho de vaciar; *a*) Anillo de vaciar; *b*) espiga; *c*) tuerca de ajuste; *d*) pieza.

* *N. del T.:* Algún autor traduce la palabra alemana «Läppen» (equivalente a la inglesa «Lapping») por «lamido». Los que adoptan la expresión «vaciado» lo hacen por similitud con el afinado de las navajas de afeitar.

El vaciado a máquina se emplea en las fabricaciones en serie de piezas redondas o planas.

Una cierta cantidad de piezas a vaciar, por ejemplo, pernos, se disponen en un montaje de sujeción (jaula de vaciado) y son conducidas entre dos discos planos de vaciar. El material de vaciar se aplica con un pincel o se hace llegar por medio de una bomba. Para vaciar se deja caer el disco superior cuyo peso propio, o adicionado con una presión exterior, se transmite a la pieza. Los discos se ponen en movimiento. La jaula realiza además del movimiento de giro un movimiento excéntrico de tal modo que, en el caso de piezas redondas, se establece un movimiento simultáneo de rodadura y de deslizamiento.

El vaciado a máquina de 24 bulones de pistón de ⌀ 24 y 100 mm de longitud dura, para un exceso de material de 0,01 mm, empleando óxido de cromo como material de vaciar, unos 10 minutos. La tolerancia es de ± 0,001 mm.

Repasado.

El repasado se emplea preferentemente para el mecanizado fino de taladros, por ejemplo, para cilindros de motor. Los taladros se hacen previamente, por lo general, en máquinas de taladrado en fino, dejando una medida interior en 0,002 ... 0,04 milímetros.

Como herramienta se emplea una especie de escariador de diámetro graduable provisto de listones postizos de material esmerilante aglutinado con material blando (fig. 183,1). Este útil se sujeta en el husillo de trabajo de una máquina de repasar (fig. 183,2). Cuando existe alguna pequeña diferencia se coloca automáticamente en posición coaxial con el taladro por intermedio de un cabezal pendular. La pieza se sujeta sobre la mesa de la máquina. En el repasado ejecuta el husillo de trabajo con el útil un movimiento de rotación (velocidad periférica igual a 50 ... 70 m/min) y un *movimiento de sube y baja*. Los listones abrasivos arrancan de este modo virutas muy finas. Como medio lubricante se emplea el petróleo enviado con chorro fuerte.

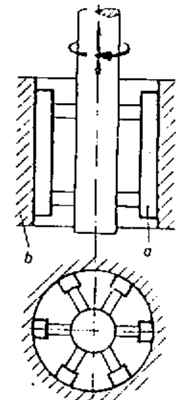


Fig. 183,1. Útil de repasar (representación simplificada). *a*) Listones; *b*) pieza.

Torneado y taladrado finos.

Mediante el torneado y taladrado finos se consiguen piezas listas para el montaje.

Como filos de los útiles se emplean el metal duro o el diamante (véase pág. 25).

Para obtener la alta calidad superficial y exactitud de medidas precisas, son necesarios:

a) grandes velocidades de corte (fundición de hierro 70 ... 120 m/min, metales distintos del hierro 150 ... 400 m/min);

b) pequeño espesor de viruta (0,03 ... 0,15 mm);

c) pequeño avance (0,008 ... 0,08 mm/rev).

Las grandes velocidades de corte exigen un funcionamiento exento de sacudidas de los tornos o taladros para trabajo en fino. Las máquinas son por esta razón de construcción robusta y van provistas de husillos vaciados y cuidadosamente soportados en sus cojinetes. El movimiento del husillo de trabajo es producido por un accionamiento de correas porque con el mecanismo de engranajes puede darse lugar a marcas en la superficie exterior de las piezas.

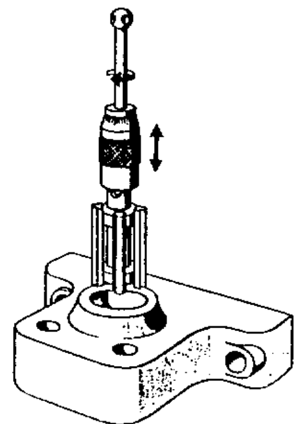


Fig. 183,2. Esmerilado de repaso.

9. ROSCADO DE PIEZAS

Empleo de piezas roscadas.

Se emplean piezas roscadas (figs. 184,1,2):

a) como *tornillos de fijación*, para unir y fijar piezas;

b) como *tornillos de movimiento*, cuando en virtud del movimiento de rotación de un husillo roscado se obtiene un movimiento de avance como sucede, por ejemplo, en los carros de las máquinas-herramientas, en prensas de husillo, en los instrumentos de medición (pálmer), etc.

En las piezas roscadas constituyen un mecanismo completo el perno o husillo roscado (rosca exterior) y la tuerca (rosca interior).

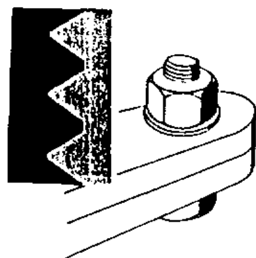


Fig. 184,1. Unión de dos bridas entre sí por medio de tornillos de fijación.

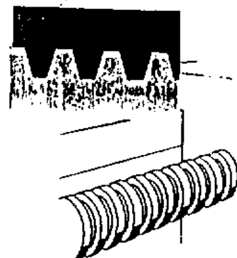


Fig. 184,2. Traslación del carro portaherramientas por medio de un tornillo de movimiento.

Características de las roscas *

Constitución de la rosca. Si se arrolla sobre un cilindro un triángulo rectángulo de papel, queda constituida sobre aquél una hélice o línea helicoidal (figura 184,3). A lo largo de esta línea puede tallarse una ranura. Las ranuras y salientes (filetes) de forma helicoidal situados en un cilindro (macho) y en una tuerca (hembra) se llaman roscas.

Paso de una rosca. La vuelta sencilla de una rosca alrededor del cilindro se llama espira. El camino recorrido en dirección axial se llama *paso* de la rosca.

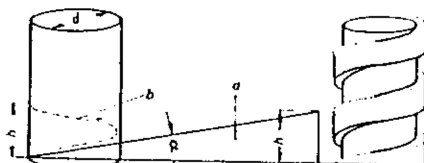


Fig. 184,3. Constitución de un tornillo. *a*) Triángulo rectángulo; *b*) hélice; *h*) paso; *d*) diámetro; *a*) ángulo de pendiente.

Ejemplo: Con un paso de 5 mm se desplazará el perno roscado 5 mm cuando se le da una vuelta dentro de su tuerca.

Forma de las roscas (fig. 184,4). La forma de las ranuras talladas (perfil de la rosca o del filete) queda determinada por la aplicación que haya de tener la pieza. Los tornillos de fijación tienen roscas puntiagudas.

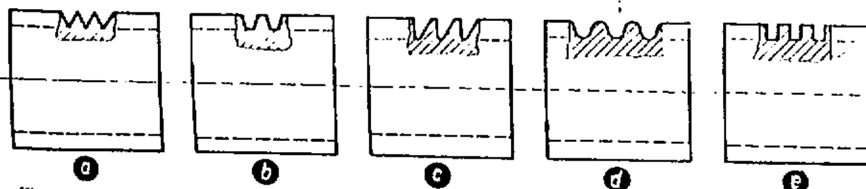


Fig. 184,4. Formas de roscas. *a*) Rosca aguda o de filete triangular; *b*) rosca trapecial; *c*) rosca de sierra; *d*) rosca redondeada; *e*) rosca de filete cuadrado.

Las roscas trapeciales, las de sierra y las redondeadas se prestan para tornillos de movimiento. La rosca de filete cuadrado se emplea poco.

Para tornillos de movimiento con paso pequeño (husillos de medición) se emplean, a menudo, las roscas agudas.

El sentido de la pendiente en el filete puede ser hacia la derecha o hacia la izquierda, distinguiéndose, de acuerdo con esto, roscas a la derecha y roscas a la izquierda (fig. 185,1).

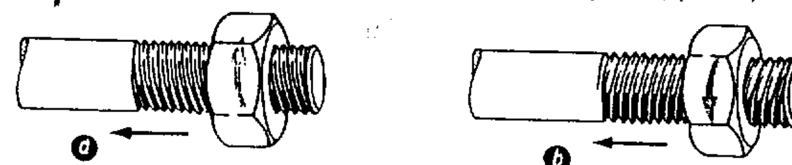


Fig. 185,1. Sentido de la pendiente en la rosca. *a*) Rosca a la derecha; *b*) rosca a la izquierda.

La que corrientemente se emplea es la rosca a la derecha y en ella el filete sube de derecha a izquierda *. Para atornillar una tuerca en un perno roscado, aquélla girará en el sentido de las agujas de un reloj. En las roscas a la izquierda sube el filete de la izquierda a la derecha. Una tuerca que haya de atornillarse en un perno roscado tendrá que girar en este caso en sentido contrario al de las agujas de un reloj.

Según el número de filetes o de pasos, se hablará de roscas de uno o de varios filetes (figura 185,2).

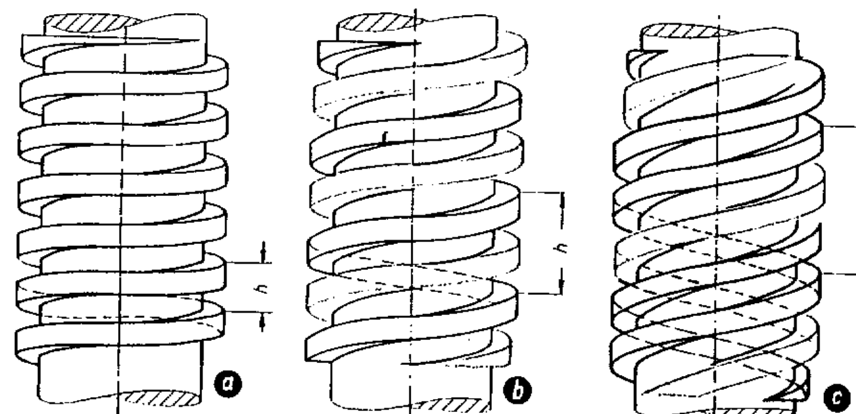


Fig. 185,2. Roscas de uno y de varios filetes. *a*) Rosca de un solo filete o paso; *b*) rosca de dos filetes o pasos; *c*) rosca de tres filetes o pasos.

La rosca de un solo filete o paso tiene *un* solo principio de rosca y se emplea de modo predominante. La de dos filetes tiene *dos* entradas o arranques de rosca. Se forma tallando entre dos espiras, bastante separadas, de una rosca de un solo filete un segundo filete intermedio. Una rosca de tres filetes tiene tres entradas, etc. Las roscas de varios filetes se hacen necesarias cuando con un corto giro se quiere obtener un gran avance en dirección axial, como ocurre, por ejemplo, en las prensas de husillo; véase, por ejemplo, también las roscas en los mangos de plumas estilográficas. Una rosca de un solo paso daría para un avance grande una profundidad de rosca excesiva.

---

* *N. del T.:* Al decir esto el autor supone el eje del perno horizontal. Si se supone, como se ha hecho al hablar de la constitución de una rosca, que ese eje es vertical, se verá subir el filete de la parte inferior izquierda a la superior derecha en las roscas a la derecha y de la parte inferior derecha a la superior izquierda en las roscas a la izquierda.

Acción de sujeción de la rosca.

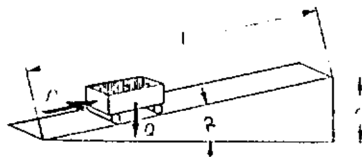


Fig. 186,1. Modo de actuar el plano inclinado. α) Ángulo de inclinación; P) fuerza; l) recorrido de la fuerza; Q) carga; h) recorrido de la carga.

Mediante atornillamiento pueden apretarse piezas, una contra otra, con una notable presión (véase fig. 184,1, pág. 184). La acción de sujeción de la rosca se basa en la consideración del plano inclinado que tiene la forma fundamental de un triángulo.

Mediante la ayuda de un plano inclinado puede elevarse una carga con empleo de una fuerza pequeña (fig. 186,1); por ejemplo, se puede elevar una pesada máquina por medio de viguetas inclinadas formando rampa.

Para el plano inclinado se tiene la ecuación fuerza · camino de la fuerza = carga · camino de la carga.

$$\boxed{P \cdot l = Q \cdot h}$$

Ejemplo: Una carga $Q = 3000$ kg tiene que ser elevada con ayuda de un plano inclinado a una altura $h = 0.6$ m; camino de la fuerza $l = 9$ m. Calcúlese la fuerza P.

Solución: $P = \dfrac{Q \cdot h}{l} = \dfrac{3000\,\text{kg} \cdot 0.6\,\text{m}}{9\,\text{m}} = 200$ kg (sin tener en cuenta el rozamiento).

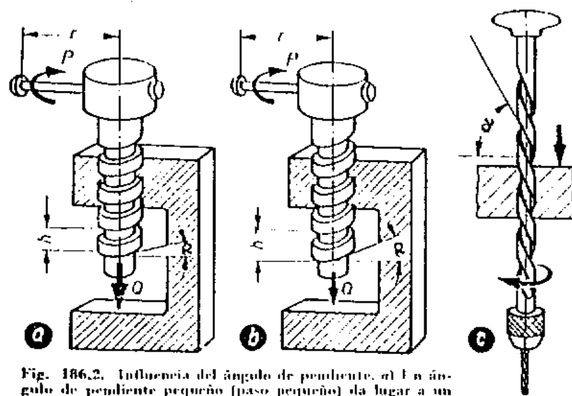


Fig. 186,2. Influencia del ángulo de pendiente. a) Un ángulo de pendiente pequeño (paso pequeño) da lugar a un gran esfuerzo o tensión Q; b) un ángulo de pendiente grande produce tensión pequeña (dando por supuesto que actúe la misma fuerza P y que el brazo de palanca r sea igual que en a); c) las roscas con ángulo de pendiente muy grande no son «autoestables»; es decir, que por ejemplo, ejerciendo presión sobre la tuerca se da lugar a un movimiento de rotación del husillo (herbiquí).

Los filetes de un tornillo actúan del mismo modo que el plano inclinado. En el movimiento del tornillo deslizan los flancos de la rosca del perno sobre los de la rosca de la tuerca o viceversa. Cuando, por ejemplo, se atornilla un perno roscado contra una base, estando la tuerca fija, se producirá una tensión cuya magnitud resulta influenciada por el ángulo de pendiente (fig. 186,2).

La tensión conseguida puede calcularse (fig. 186,3)

Fuerza · camino de la fuerza = tensión · paso

$$\boxed{P \cdot 2\pi r = Q \cdot h}$$

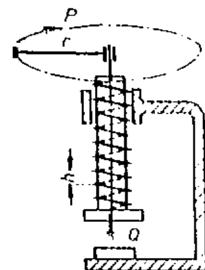


Fig. 186,3. Prensa de husillo.

Ejemplo: Se quiere apretar, con una prensa de husillo, un casquillo. Calcúlese la tensión Q.

Datos. Fuerza $P = 20$ kg; radio $r = 150$ mm; paso $h = 2{,}5$ mm.

Solución: $Q = \dfrac{P \cdot 2\pi r}{h} = \dfrac{20\,\text{kg} \cdot 2 \cdot 150\,\text{mm} \cdot 3{,}14}{2{,}5\,\text{mm}} = 7536$ kg.

Como en los filetes de rosca se produce una pérdida por rozamiento de aproximadamente un 50 %, el verdadero esfuerzo obtenido es de ≈ 3768 kg.

Con un paso de 5 mm, por ejemplo, se disminuye el esfuerzo a la mitad; el camino recorrido axialmente en una revolución del husillo es, en cambio, doble que cuando el paso era de 2,5 mm.

Roscas normalizadas.

La forma y dimensiones de las roscas están fijadas por normas para los siguientes tipos de rosca: aguda o de filete triangular, trapecial, de sierra y redondeada.

Rosca puntiaguda o triangular (fig. 187,1).

Las roscas de los tornillos de fijación tienen que producir un gran esfuerzo y no soltarse por sí solas. La rosca aguda responde a estas exigencias y es adecuada, por lo tanto, para los tornillos de fijación.

La sección triangular del filete da lugar a un paso reducido, cosa que es conveniente para la obtención de un gran esfuerzo. El rozamiento entre los flancos de las roscas exterior e interior es relativamente grande y da lugar juntamente con lo reducido del paso a un autofrenado eficaz; el peligro de que el enlace atornillado se afloje por sí mismo queda reducido con ello. La gran sección en la base del filete da a la rosca puntiaguda la necesaria resistencia (fig. 187,2).

El buen ajuste de la tuerca y el perno no se produce sino cuando se mantienen las dimensiones principales. Están normalizadas las siguientes roscas agudas: rosca métrica, rosca Whitworth, rosca fina, rosca para tubos y rosca para tubos blindados de acero.

Fig. 187,1. Toda rosca puntiaguda queda claramente determinada por cinco magnitudes características.

	Tornillo	Tuerca
Diámetro exterior	d	D
Diámetro del núcleo	d_1	D_1
Diámetro de los flancos	d_2	D_2
Ángulo de los flancos	α	α
Paso	h	h

Fig. 187,2. Comparación de las secciones en el fondo del filete entre roscas de sección triangular y de sección cuadrada. P) Carga; h) paso; α) sección.

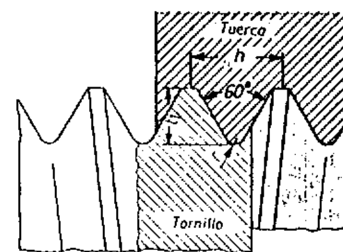


Fig. 187,3. Rosca métrica. Profundidad de la rosca $t_1 = 0{,}6495 \cdot h$; redondeamiento $r = 0{,}1082 \cdot h$.

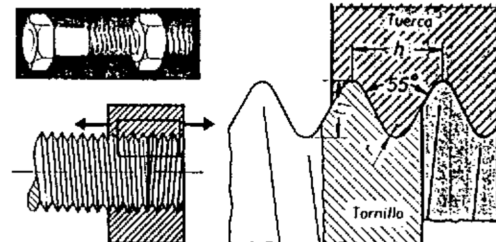


Fig. 187,4. Rosca Whitworth. Profundidad de la rosca $t_1 = 0{,}64033 \cdot h$; redondeamiento, $r = 0{,}13733 \cdot h$.

En la rosca métrica (fig. 187,3) se miden todas las magnitudes en milímetros. El ángulo de los flancos es de 60°. En los pernos roscados se redondea el fondo de rosca para evitar la acción de entallado. Las puntas están aplanadas. En la tuerca las puntas están redondeadas y el fondo de rosca aplanado.

Ejemplo de designación abreviada: M 12 quiere decir rosca métrica con diámetro igual a 12 mm.

La rosca Whitworth (fig. 187,4) recibe su nombre del inglés Whitworth. Las dimensiones se dan en pulgadas. La magnitud del ángulo de los flancos es de 55°. El redondeamiento se establece en las puntas y en el fondo de rosca. El paso se indica por el número de espiras que entran en 1 pulgada, diciendo, por ejemplo, 11 hilos o espiras por 1″, o sea, paso = 1/11″.

Ejemplo de designación abreviada: 5/8″ quiere decir que el diámetro es de 5/8″.

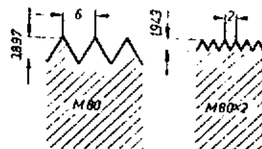


Fig. 188,1. Comparación entre una rosca métrica corriente (M 80) y una rosca métrica fina (M 80 × 2).

Las roscas finas (fig. 188,1) tienen pasos más pequeños y profundidades de rosca menores que las roscas corrientes, métricas o Whitworth. En virtud de lo reducido del paso se obtiene un mejor autofrenado, cosa interesante en roscas que han de estar expuestas a sacudidas o vibraciones. La pequeña profundidad de rosca es cosa necesaria en piezas de paredes delgadas. Hay rosca fina métrica y rosca fina Whitworth.

Ejemplo de designación abreviada: M 50 × 2 quiere decir rosca métrica fina de 50 mm de diámetro y 2 mm de paso. W 99 × 1/4″ quiere decir rosca fina Whitworth de diámetro igual a 99 mm y paso igual a 1/4″.

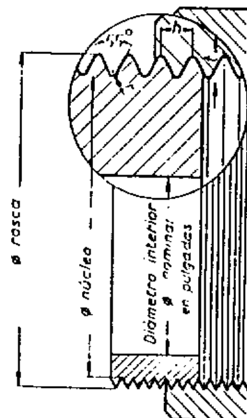


Fig. 188,2. Rosca Whitworth para tubos sin juego en las puntas.

La rosca Whitworth para tubos (fig. 188,2) se utiliza para roscas de tubos, de armaduras accesorios y bridas roscadas. Tiene la misma forma que la rosca Whitworth DIN 11, pero un paso menor. Las roscas para tubo no tienen juego en las puntas cuando se persigue la estanqueidad. El diámetro nominal *no* se refiere al diámetro exterior de la rosca, sino al diámetro interior del tubo.

Ejemplo de designación abreviada: R 1″ quiere decir rosca para tubos * de 1″; el diámetro de la rosca es en este caso de 33,25 mm.

Rosca trapecial (fig. 188,3).

Esta rosca se presta bien para tornillos de movimiento. El ángulo de los flancos es de 30°. El diámetro exterior y el del núcleo dejan juego entre sí. Los flancos han de soportar carga. Están normalizadas roscas de uno y de varios filetes. Las dimensiones de la rosca deben tomarse de la tabla correspondiente.

Ejemplo de designación abreviada: Tr 30 × 6 quiere decir rosca trapecial de diámetro nominal igual a 30 mm y de 6 mm de paso; Tr 40 × 12 (2 filetes) quiere decir rosca trapecial de 40 mm de diámetro nominal, 12 mm de paso y 2 filetes.



Fig. 188,3. Rosca trapecial.

Rosca de sierra (fig. 188,4).

Esta forma de rosca se emplea en el caso de fuertes presiones unilaterales, como, por ejemplo, en los husillos de presión de prensas. El flanco activo tiene una inclinación de 3° y el dorso que no trabaja una inclinación de 30°.

Ejemplo de designación abreviada: S 50 × 8 quiere decir rosca de sierra de diámetro igual a 50 mm y 8 mm de paso.



Fig. 188,4. Rosca de sierra.

Rosca redondeada (fig. 188,5).

En virtud de su perfil redondeado resulta esta rosca poco sensible a deterioros. Se emplea para husillos de válvula, acoplamientos ferroviarios, roscas de mangueras, etc.

Ejemplo de designación abreviada: Rd 50 × 1/6″ quiere decir rosca redondeada de diámetro igual a 50 mm y paso igual a 1/6″.



Fig. 188,5. Rosca redondeada.

La rosca de sección cuadrada no está normalizada.

* *N. del T.:* La R hace referencia a la palabra alemana Rohr = tubo. En español podría ponerse la T, inicial de «tubo».

Roscas defectuosas.

No porque dos piezas (macho y hembra) se puedan atornillar entre sí de modo seguido y sin que se bamboleen, se podrá asegurar que ajustan correctamente. Lo que sí es prueba de buen ajuste es que los flancos se adapten bien. Para esto es condición previa la igualdad de los diámetros de los flancos en el perno roscado y en la tuerca. Defectos importantes en las roscas son, por ejemplo, en las de perfil triangular: desigual ángulo de los flancos, perfil oblicuo u asimétrico de la rosca y pasos desiguales (fig. 189,1).

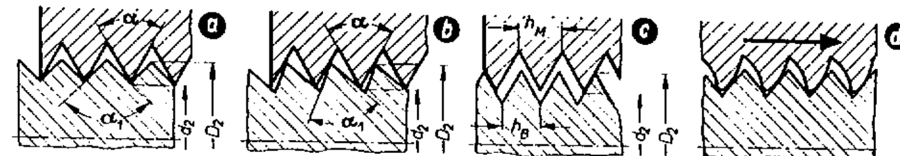


Fig. 189,1. Roscas de perfil triangular defectuosas. *a)* Ángulo de los flancos desigual: *α)* ángulo de los flancos en la tuerca; *α₁)* ángulo de los flancos en el tornillo. *b)* Perfil asimétrico de la rosca: *α* = ángulo de los flancos en la tuerca. *α₁)* ángulo de los flancos en el tornillo. *c)* Paso desigual: h_M) paso de la tuerca; h_B) paso del tornillo. *d)* Deformación de los filetes de la tuerca para ángulo de los flancos demasiado grande en el tornillo.

Ajuste de roscas.

En la industria moderna las piezas roscadas deben ser intercambiables y cuando se atornillan entre sí debe producirse un buen apoyo entre los flancos. Mediante el *sistema de ajuste de las roscas* se han fijado tolerancias límites (medidas máximas y mínimas) para los diámetros exterior, del núcleo y de los flancos. La calidad y la exactitud de los tornillos no necesitan ser los mismos para toda clase de aplicaciones y por esta razón están normalizados distintos grados de calidad:

calidad fina (f), por ejemplo, para husillos de medida;
calidad media (m), por ejemplo, para husillos de movimiento sencillos;
calidad basta (g) *, por ejemplo, para tornillos de fijación.

El símbolo indicativo del grado de calidad se pone a continuación de la designación de la rosca.

Ejemplos de designación abreviada: M 20 g significa: «Rosca métrica, diámetro exterior 20 mm, calidad basta»; M 8 f quiere decir: «rosca métrica, diámetro exterior 8 mm, calidad fina». Cuando la calidad es «media», no es preciso indicar el signo abreviado «m».

Observación: La *rosca fina* no tiene nada que ver con la calidad «fina».

Mecanizado de roscas.

Las roscas pueden obtenerse por distintos procedimientos, por ejemplo, con machos de roscar y con terrajas a mano o a máquina, con útiles de roscar en el torno, por fresado, por esmerilado y por laminado. A veces se hacen también roscas por prensado y por colada (por ejemplo, por fundición inyectada).

La elección del procedimiento de mecanizado se rige por el número de piezas a roscar y por la exactitud y calidad superficial exigidas.

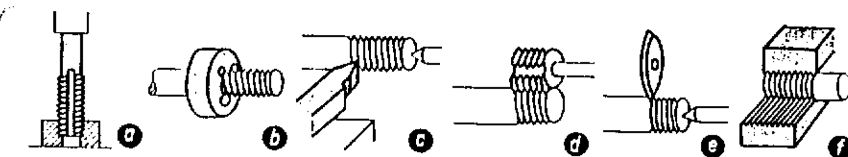


Fig. 189,2. Diversos procedimientos para la ejecución de roscas (ejemplos). *a)* Tallado de roscas con machos de roscar; *b)* tallado de roscas con terrajas; *c)* tallado de roscas con cincel de roscar; *d)* fresado de roscas; *e)* esmerilado de roscas; *f)* laminado de roscas.

* *N. del T.:* La «g» hace referencia a la palabra alemana «grob» = basto, tosco.

Mecanizado de piezas roscadas en el torno.

Para roscar en el torno se emplean machos de roscar, terrajas o útiles de roscar. Generalmente se ejecuta el roscado en combinación con otros trabajos de torno.

El roscado con machos de roscar y con terrajas (figs. 190,1,2) es sencillo y barato. Se emplea preferentemente para el mecanizado de roscas de perfil triangular cuando no se exige una calidad especial a la rosca, por ejemplo, cuando se trata de roscas de sujeción.

A veces se roscan también otras formas de filete, por ejemplo, de perfil trapecial, empleando machos adecuados.

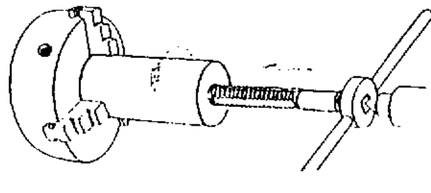


Fig. 190,1. Roscado interior realizado con el macho de roscar.

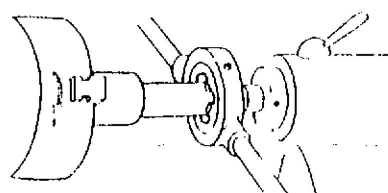


Fig. 190,2. Roscado exterior realizado con la terraja de roscar.

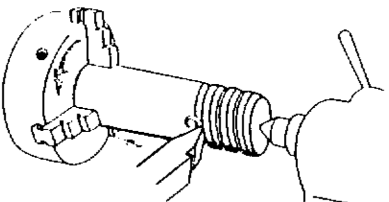


Fig. 190,3. Roscado exterior realizado con el útil de roscar.

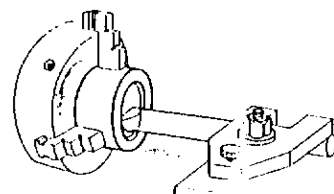


Fig. 190,4. Roscado interior realizado con el útil de roscar.

El movimiento principal lo realiza la pieza. Con objeto de que la rosca no resulte oblicua, se conducen el macho de roscar o la terraja con la pínula del cabezal móvil.

El macho de roscar se atornilla en el agujero del núcleo previamente taladrado y va entallando los filetes de rosca.

La terraja corta los filetes atornillándose en el perno previamente mecanizado. Pueden hacerse con una sola pasada roscas hasta la M 16 ó hasta la 5/8".

El roscado con útil o cuchilla de roscar (figs. 190,3 ... 4) es más largo que el roscado en que se emplean machos de roscar o terrajas porque el útil de roscar tiene que dar varias pasadas para dejar la rosca completamente mecanizada. Tiene, no obstante, la ventaja de que pueden realizarse por este procedimiento con mayor exactitud roscas de cualquier tamaño y forma como, por ejemplo, roscas de perfil triangular, trapecial, de sierra, etc., etc. Con objeto de que resulte el paso deseado, deberá recibir el útil un avance automático por medio de *husillo guiador o de roscar* o por medio de una *rosca-plantilla*.

ROSCADO DE PIEZAS EN EL TORNO POR MEDIO DE MACHOS DE ROSCAR Y DE TERRAJAS

Ejemplo de trabajo.

Trabajo encargado: Mecanizado de un perno para sujeción de un soporte según figura 191,2.

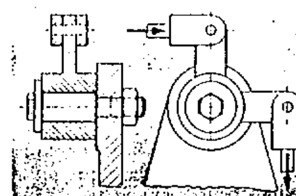


Fig. 191,1 (izquierda). Ejemplo de empleo de pernos para sujeción de soportes.

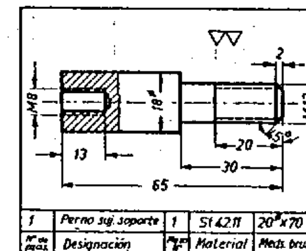
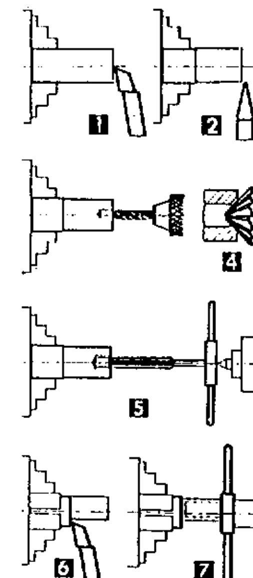


Fig. 191,2 (derecha). Plano de taller.

Plan de trabajo.

	Fases del trabajo	Herramientas
1	Sujeción de la pieza y torneado a su longitud	Plato de sujeción de tres mordazas; útil de corte lateral
2	Torneados previo y final a ⌀ 18	Útil puntiagudo de afinar
3	Taladrado del agujero del núcleo a ⌀ 6,7	Broca helicoidal
4	Biselado del agujero del núcleo	Avellanador de punta a 90°
5	Roscado de la rosca interior M 8	Macho de roscar (roscado previo, medio y final; varilla giramachos
6	Se da la vuelta a la pieza: torneado del perno y de su bisel	Útil puntiagudo de afinar; útil de corte lateral
7	Roscado de la rosca exterior M 12	Cojinete con soporte y terraja
Instrumentos de medida y verificación: pie de rey, calibre de profundidades, calibre macho de roscas, calibre hembra de roscas		



Mecanizado de la rosca interior M 8.

Taladrado del agujero del núcleo: El diámetro del núcleo de la rosca es de 6,376 mm. El núcleo debe ser taladrado a 6,7 mm en virtud de las rebabas producidas al roscar y que se traducen en una especie de hinchazón del material (T. 193,1).

Elección del macho de roscar: Como la rosca ha de ser tallada hasta el mismo fondo del agujero, hacen falta machos de tallado previo, medio y final M 8.

Tallado de la rosca. Con el macho previo se tallan a mano algunos hilos y se pone entonces en funcionamiento la máquina. La pínula se ajusta sobre la marcha, de acuerdo con el avance del macho de roscar. Los siguientes machos se hacen girar algo a mano y solamente después de ello se emplea la varilla giramachos. Dése lubricación abundante.

Mecanizado de pernos roscados o tornillos M 12.

Preparación del perno: La parte roscada del perno se tornea a causa de la hinchazón del roscado aproximadamente a ⌀ 11,85.

Elección del cojinete a emplear: Es necesario un cojinete M 12.

Tallado de la rosca: Las primeras espiras se tallan a mano, después se pone en marcha la máquina con su número correcto de revoluciones. La pínula se ajusta convenientemente. La lubricación debe ser abundante.

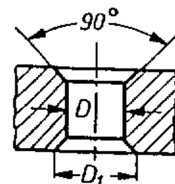


Fig. 192,1. Preparación del taladro. *D*) Diámetro del núcleo; D_1) diámetro exterior de la rosca.

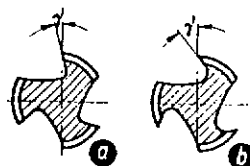
Normas de trabajo para el roscado con machos de roscar y con terrajas.

Roscas interiores.

1. Preparación del agujero del núcleo (fig. 192,1). Al cortar los filetes de la rosca se produce un levantamiento de rebaba. Este exige que el núcleo haya de taladrarse a diámetro mayor que el del núcleo de la rosca (T. 193,1). Únicamente para el tallado de roscas en que se persiga la estanqueidad habrá de tener el diámetro del taladro la misma magnitud que el del núcleo de la rosca.

Cuando el taladro es demasiado pequeño, el macho de roscar tiene que arrancar demasiadas virutas y se quiebra por ello fácilmente aparte de que pueden también romperse los filetes de la rosca. Si el taladro es demasiado grande, los filetes de la rosca no quedan tallados; al actuar una carga puede ser arrancada la rosca.

El taladro se avellana con un avellanador puntiagudo de 90° con objeto de que el macho de roscar agarre fácilmente y para evitar la formación de rebabas.


Fig. 192,2. En la elección del macho de roscar hay que tener en cuenta el material que se va a mecanizar. *a*) Para acero; *b*) para metales ligeros.

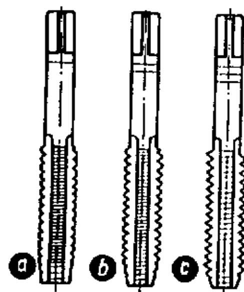
2. Elección del macho de roscar. Para esta elección hay que tener en cuenta el material de la pieza y además la forma y la longitud de la rosca que se va a tallar (figs. 192,2 ... 5).

Machos de roscar a mano. Para tallar roscas en agujeros ciegos y en agujeros pasantes profundos se necesitan juegos de tres machos de roscar. Las roscas de agujeros pasantes normales se hacen frecuentemente con juegos de dos machos o con macho único de acabado.

Machos de roscar a máquina (fig. 192,4). Se utilizan juegos de dos machos o también un macho único de acabado. Para la sujeción en la máquina tienen un mango cilíndrico con un remate corto de cuatro cantos o con extremo aplanado. Hay también machos con mangos especiales.

Los machos de roscar tuercas (fig. 192,5) son machos únicos de acabado y sirven para hacer roscas pasantes en las tuercas en una sola operación.

Los machos de roscar a máquina cojinetes de terraja se emplean para el tallado de roscas en las mandíbulas de roscar (también llamadas cojinetes) de las terrajas.


Fig. 192,3. Machos de roscar a mano. *a*) Macho de tallado previo; *b*) macho de tallado intermedio; *c*) macho de acabado.

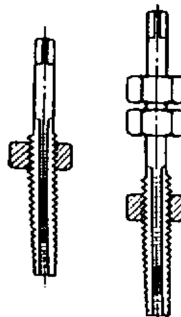
3. Tallado de la rosca. Los defectos en el roscado, como, por ejemplo, filetes oblicuos o flancos ásperos y agrietados, son producidos por mala ejecución del trabajo:

a) Los machos de roscar deben estar bien afilados, pues de lo contrario, se producen flancos ásperos y agrietados.

b) Con objeto de que la rosca no resulte oblicua, la pieza tiene que girar redondo.

c) Los juegos de machos deben emplearse en el orden de sucesión debido.

d) La lubricación con un medio adecuado disminuye el rozamiento y produce flancos de filete limpios.


Fig. 192,4 (izquierda). Machos de roscar a máquina (para ser sujetos en una máquina).
Fig. 192,5 (derecha). Machos de roscar tuercas (para roscas cortas).

Roscas exteriores.

1. Preparación del perno (fig. 193,1). En virtud del corrimiento o hinchazón del material producido por el roscado, se tornea el perno a diámetro más pequeño que el exterior de la rosca, en 1/10 del paso. El bisel hace que la terraja agarre bien.

El diámetro demasiado grande del perno conduce a rotura de los filetes.

Fig. 193,1. Preparación del perno. *d*) Diámetro exterior de la rosca; d_1) diámetro del núcleo de la rosca.

2. Elección de la terraja (figs. 193,2,3). La magnitud de la rosca a cortar está limitada: la rosca métrica hasta los 30 mm, la rosca Whitworth hasta 1 1/4". Las roscas a partir de M 16 y 5/8" deben iniciarse con un roscado previo, porque de lo contrario el arranque de viruta sería demasiado grande y se romperían los filetes.

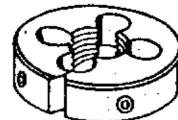
3. Tallado de la rosca.

a) La superficie frontal del cojinete debe estar bien enrasada con la de la terraja o soporte; la pieza debe tener giro redondo; la terraja hay que colocarla recta * para que la rosca no salga ladeada o inclinada.

b) Los cojinetes embotados dan lugar a flancos rugosos y agrietados.

c) Las virutas deterioran los flancos de los filetes cuando llenan las lumbreras dispuestas para darlas salida.

d) La lubricación debe ser abundante.


Fig. 193,2. Cojinete de roscar.

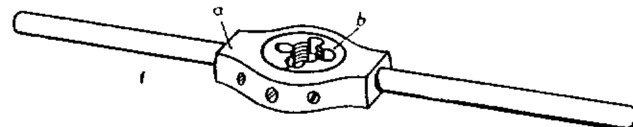


Fig. 193,3. Terraja o soporte con su cojinete. *a*) Terraja o soporte; *b*) cojinete.

T. 193,1. Diámetro de la broca para agujeros de rosca según DIN 336 (extracto)

Rosca métrica

Rosca	M 3	M 3.5	M 4	M 5	M 6	M 8	M 10	M 11	M 14	M 16	M 18	M 20	M 22	M 24	M 27
Taladro para acero	2,5	2,9	3,3	4,2	5	6,7	8,4	10	11,75	13,75	15,25	17,25	19,25	20,75	23,75
Fundición gris, latón	2,4	2,8	3,2	4,1	4,8	6,5	8,2	9,9	11,5	13,5	15	17	19	20,5	23,5

Rosca Whitworth

Rosca	1/4"	5/16"	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	7/8"	1"	1 1/8"	1 1/4"	1 3/8"	1 1/2"	1 5/8"	1 3/4"	2"
Taladro para acero	5,1	6,5	7,9	10,5	13,5	16,5	19 25	22	24,75	27,75	30,5	33,5	35,5	39	41,5
Fundición gris, latón	5	6,4	7,7	10,25	13,25	16,25	19	21,75	24,50	27,5	30	33	35	38,5	41

* *N. del T.:* El autor quiere decir que el eje de la terraja debe coincidir con el del perno.

Tallado de roscas en el torno por medio de útiles de roscar.

Para el tallado de roscas puede emplearse el *torno con plantilla* o el *torno paralelo con husillo de guía.*

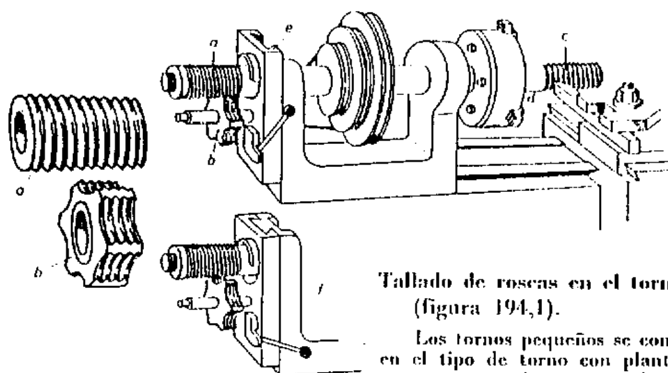


Fig. 194,1. Tallado de roscas en el torno de plantilla con husillo de trabajo movible longitudinalmente. *a*) Plantilla de la rosca; *b*) tuerca guiadora; *c*) pieza; *d*) útil de roscar; *e*) patín; *f*) tuerca guiadora desembragada.

Tallado de roscas en el torno con plantilla (figura 194,1).

Los tornos pequeños se construyen muchas veces en el tipo de torno con plantilla. Para accionar el avance se necesitan roscas-plantilla y tuercas guiadoras. Las roscas-plantilla tienen rosca exterior. Para cada rosca que se quiera cortar hará falta su rosca-plantilla con el paso correspondiente.

Las tuercas guiadoras están provistas de diversas escotaduras con filetes de roscas de pasos distintos.

En un torno de plantilla el husillo de trabajo es frecuentemente desplazable en dirección longitudinal. Para mecanizar, por ejemplo, una rosca de un milímetro de paso, se fija una plantilla de ese mismo paso en el husillo de trabajo prolongado hacia un lado. La tuerca guiadora se atornilla en un patín que puede moverse hacia arriba y hacia abajo en el cabezal. Mediante una palanca, se hace que los filetes de la tuerca guiadora entren dentro de los correspondientes surcos de la rosca-plantilla. Al mismo tiempo se da libertad al movimiento longitudinal del husillo de trabajo. En el tallado de roscas realiza el husillo de trabajo el movimiento de rotación y además un movimiento de avance correspondiente al paso de la rosca-plantilla, del mismo modo, por ejemplo, a como lo ejecuta un tornillo en su tuerca. La pieza se mueve girando y avanzando junto al útil de tornear que permanece inmóvil con lo cual se van tallando los filetes de la rosca.

La tuerca guiadora y la rosca-plantilla permanecen en íntimo contacto, es decir, enroscadas, durante el corte de la rosca. El husillo de trabajo, mediante movimiento a la derecha o a la izquierda, va hacia adelante o hacia atrás, ajustándose cada vez el útil al espesor de viruta que corresponda. Antes de retroceder debe retirarse el útil. En vez de una cuchilla de roscar se utilizan frecuentemente peines de roscar (véase pág. 195).

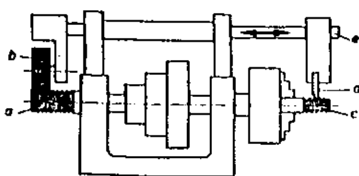


Fig. 194,2. Tallado de roscas en un torno con plantilla provisto de montaje suspendido para el roscado. a) Rosca-plantilla; *b*) tuerca guiadora; *c*) pieza; *d*) útil de roscar; *e*) brazo portaútil.

En el torno con plantilla y husillo movible longitudinalmente se mecanizan con preferencia piezas roscadas que pueden sujetarse voladas en el plato de sujeción. Para la sujeción entre puntas hace falta una contrapunta, provista de resorte, cuya pínula retroceda elásticamente con la pieza.

Hay también tornos con dispositivo de roscar suspendido (fig. 194,2). El husillo de trabajo no es en estos tornos desplazable longitudinalmente. Un brazo va provisto del útil de roscar, cuchilla o peine, y la rosca-plantilla y la tuerca guiadora dan lugar al movimiento de este brazo portaútil.

El brazo con el útil de roscar se ajusta en posición mediante basculación. En los tornos revólver es frecuente la existencia de un montaje suspendido para roscar (véase fig. 203,1).

Útiles de roscar.

Los útiles de roscar son útiles de forma que tienen que coincidir con el perfil de la rosca que se desea (figs. 195,1 ... 3).

En el mecanizado de roscas de sección triangular hay que tener en cuenta que el redondeamiento del fondo de la rosca tiene distinta medida para cada paso de rosca y que, de acuerdo con esto, habrá que redondear de distinto modo la punta del útil. Para mecanizar roscas exactas hay que emplear útiles de forma para roscar que son generalmente suministrados por las fábricas de herramientas.

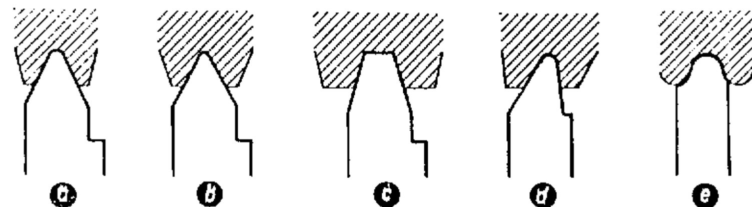


Fig. 195,1. Formas de útiles de roscar. *a*) Rosca Whitworth; *b*) rosca métrica; *c*) rosca trapecial; *d*) rosca de sierra; *e*) rosca redondeada.

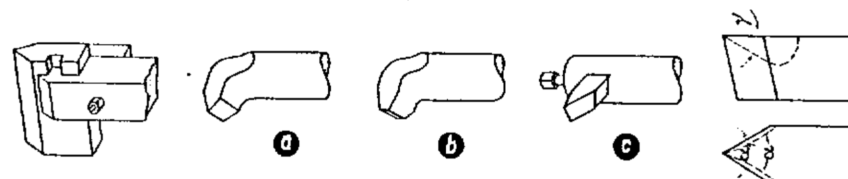


Fig. 195,2 (izquierda). Útil para rosca triangular con su soporte.

Fig. 195,3 (centro). Útiles para roscas interiores. *a*) Útil para rosca interior de sección triangular; *b*) útil para rosca interior de sección trapecial; *c*) barra o eje de barrenar con útil postizo.

Fig. 195,4 (derecha). Mediante afilado de un ángulo de ataque se obtiene un perfil deformado. *a*) Perfil correcto de un útil; a_1) perfil defectuoso de un útil por el ángulo de ataque.

Los peines de roscar (fig. 195,5) tienen la ventaja de que el trabajo de arranque se reparte entre varios dientes cortantes; con esto se ahorra tiempo en la operación de roscar.

Los aceros o útiles de roscar no tienen ángulo de ataque, pues de lo contrario se daría lugar a una forma distorsionada de la rosca (fig. 195,4).

Al *sujetar los útiles de roscar* hay que atender especialmente a que queden en posición centrada. Si quedan por encima o por debajo del eje del perno, variará la forma de la rosca. Con objeto de que la rosca no quede inclinada o ladeada, habrá que emplear una galga para el ajuste del útil (figura 195,6).

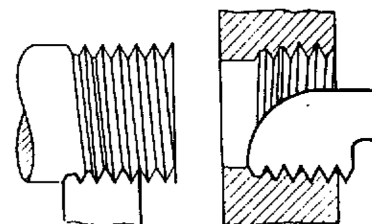


Fig. 195,5. Peines de roscar.

Cuando se quiera obtener una rosca de gran precisión, se empleará para sujetar el útil un microscopio de torno. Mediante este aparato se dispone el útil según una señal que aparece en el ocular del mismo.

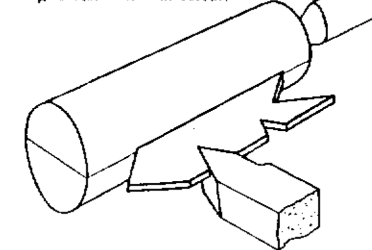


Fig. 195,6. Sujeción del útil de roscar haciendo uso de una galga.

Roscado en el torno horizontal.

Modo de funcionar el husillo de guía y la tuerca matriz. Para roscar, el útil sujeto en el carrillo portaherramientas es empujado por el husillo guiador en dirección longitudinal contra la pieza (fig. 196,1). El husillo de guía tiene casi siempre rosca trapecial y recibe del husillo de trabajo un movimiento rotatorio. La transformación del movimiento rotatorio en el movimiento de avance del carro se realiza por medio de la tuerca matriz que va montada en el carro de bancada. Para poder embragar y desembragar el movimiento de avance, la citada tuerca está partida y se cierra o se abre mediante accionamiento de una palanca.

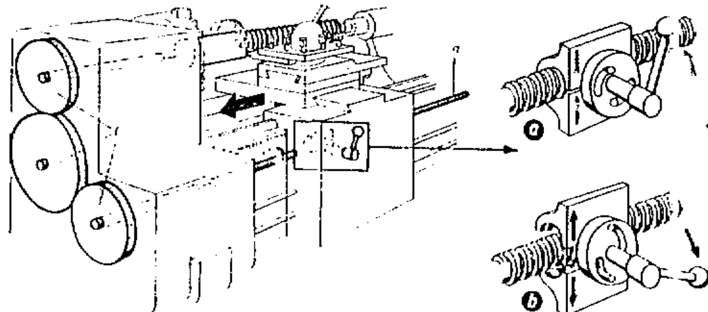


Fig. 196,1. Consecución del movimiento de avance por medio del husillo de guía. a) Husillo de guía; b) engranajes del cambio de velocidades: (a) tuerca matriz embragada; (b) tuerca matriz desembragada.

El husillo de guía puede emplearse también para conseguir el avance en el cilindrado y en el refrentado. Esto tiene el inconveniente de que, con el uso continuado, se desgasta rápidamente el husillo y se hace inservible para mecanizar roscas exactas.

Si se usa el husillo de cilindrar para roscar (obsérvese que los surcos del torneado cuando se cilindra tienen forma helicoidal), no resulta exacto el paso porque los engranajes correspondientes se inutilizan con frecuencia.

Principio fundamental: *No debe roscarse sino sólo con el husillo de guía. no debe cilindrarse ni refrentarse sino sólo con el husillo de cilindrar.*

Modo de funcionar los engranajes del cambio de marchas y del avance. Con objeto de obtener un paso de rosca determinado, ha de guardar el número de revoluciones del husillo de guía una cierta relación con el número de revoluciones de la pieza.

Para hacer, por ejemplo, una rosca de paso igual a 6 mm, tendrá que desplazarse el carro portaherramientas una longitud de 6 mm en sentido longitudinal durante *una revolución* de la pieza. Un husillo guía que tenga también 6 mm de paso da lugar a ese desplazamiento mediante ejecución de una revolución. Si la rosca a tallar ha de tener 3 mm de paso el husillo guía tendrá que dar media revolución mientras la pieza da una entera (condición previa: el husillo guía tiene que tener 6 mm de paso).

Se obtiene la deseada relación de velocidades entre la pieza y el husillo de guía mediante un sistema de ruedas cambiables que se montan intercaladas entre los husillos de trabajo y de guía (véase cálculo en la pág. 201).

El recambio de las ruedas dentadas para tallar roscas variadas es operación que resulta engorrosa. Los tornos modernos van provistos por esta razón de mecanismos de avance (véase pág. 23). Con ayuda de una tabla que los acompaña, pueden ponerse en juego, mediante accionamiento de una palanca, las relaciones de transmisión que correspondan al paso deseado.

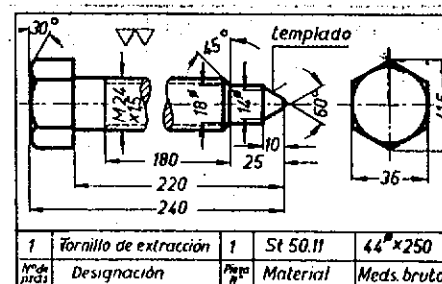
El mecanismo de inversión (véase pág. 24) hace posible el embrague y desembrague del husillo de guía, así como el cambio del sentido de rotación del mismo necesario, por ejemplo, para tallar rosca a la derecha o a la izquierda.

ROSCADO DE PERNOS CON EL ÚTIL DE ROSCAR

Ejemplo de trabajo.

Trabajo encargado: Mecanizado del tornillo para un dispositivo de extracción (fig. 197,1) (respecto al roscado de la tuerca, véase pág. 199).

Por medio de un montaje para extracción (fig. 197,2) pueden sacarse, de los árboles en que se hallen calados, casquillos, cojinetes a bolas, etc. Mediante un reducido paso de rosca puede conseguirse un notable esfuerzo.



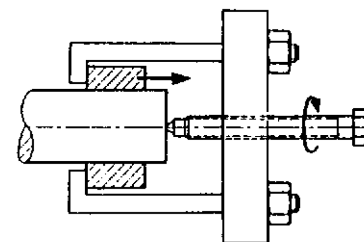
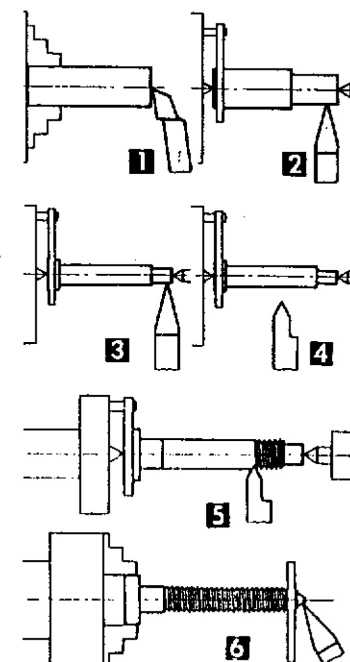


Fig. 197,1 (izquierda). Plano de taller.
Fig. 197,2 (arriba). Dispositivo de extracción.

Plan de trabajo.

	Fases del trabajo	Herramientas
1	Refrentar la pieza y centrarla	Útil de corte lateral; broca de centrar
2	Sujeción de la pieza entre puntas, desbastado y afinado al diámetro de la cabeza	Útil de desbastar y de afinar
3	Desbastar y afinar la parte fileteada, a ⌀ 24, y la espiga	Útil de desbastar y de afinar; útil de corte lateral
4	Disponer el torno para el roscado y sujetar el útil de roscar	Ruedas dentadas del cambio de marchas; útil de roscar
5	Tallado de la rosca	—
6	Torneado de la punta	Luneta; útil de afinar
7	Fresado de los cantos de la cabeza hexagonal	Fresa frontal
8	Templado de la punta	—

Instrumentos de medida y verificación: pie de rey, pálmer, galga para roscas, calibre de anillo para roscas



Mecanizado del perno roscado M 24 × 1,5.

Si el paso de rosca no puede ajustarse con el mecanismo de avance, habrá que echar mano de los juegos de ruedas de recambio (véase cálculo en pág. 201). Se da por supuesto que el husillo de guía tiene un paso de 6 mm.

Al roscar hay que seguir un determinado orden en las operaciones (fig. 198,1).

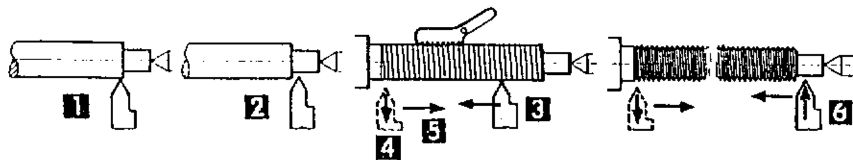


Fig. 198,1

1. Hágase que el útil de roscar rasque ligeramente sobre la pieza.
2. Aléjese de la pieza el útil. Póngase a cero el anillo de ajuste y hágase que el útil tenga un avance en profundidad igual a 0,2 mm.
3. Embráguese la tuerca matriz y déjese que el útil corra sobre la pieza.
4. Al final de la rosca sepárese de la pieza el útil.
5. Ábrase la tuerca matriz y llévese a mano el carro portaútil a la posición de partida. (La apertura de la tuerca matriz es aquí posible porque la rosca es un múltiplo par de la rosca del husillo guía (véase pág. 200). Verifíquese el paso.
6. Ajústese un nuevo espesor de viruta con ayuda del anillo divisor y prosígase con varias pasadas hasta terminar la rosca.

Hay que procurar que la lubricación sea abundante.

Medición y verificación de la rosca exterior M 24 × 1,5.

Las magnitudes de la rosca son: diámetro de la rosca, 24 mm; diámetro del núcleo, 22,052 mm, diámetro de los flancos, 23,026 mm; paso 1,5 mm y ángulo de los flancos 60º (véase tabla de roscas [1]).

El diámetro exterior debe medirse ya al tornear. Como instrumentos de medida pueden servir el pie de rey o el pálmer. En cuanto a las demás magnitudes de la rosca, lo más sencillo es verificarlas durante el mecanizado de la misma con calibres de roscas, por ejemplo, atornillando un calibre de anillo con rosca M 24 × 1,5. Si no se dispone de ningún calibre, se mide el diámetro del núcleo con las puntas de medida del pie de rey, por ejemplo, y el diámetro de los flancos con el pálmer para roscas (véase pág. 206). La forma de la rosca y el paso pueden medirse con la galga o plantilla para roscas.

[1] JUTZ-SCHARKUS, Stoff-Zahl-Form. Tabellen (Material-Número-Forma. Tablas), página 52

ROSCADO DE TUERCAS CON EL ÚTIL DE ROSCAR

Ejemplo de trabajo.

Trabajo encargado: Dotar de rosca al puente de extracción de la figura 199,1.

La pieza que nos ocupa corresponde al dispositivo de extracción de la página 197. El perno de la figura 197,1 debe poderse atornillar en este puente.

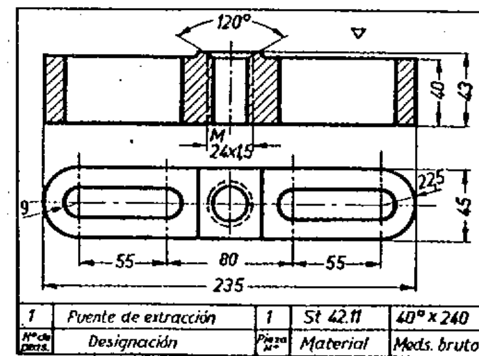
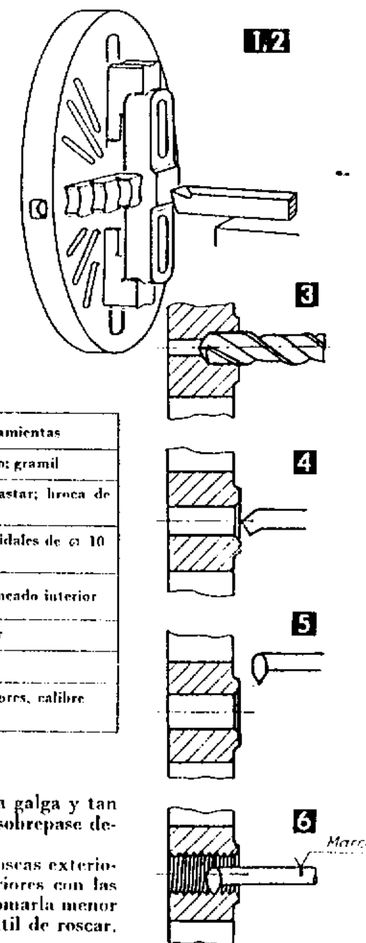


Fig. 199,1. Plano de taller.



Plan de trabajo.

	Fases del trabajo	Herramientas
1	Sujeción de la pieza y nivelación de la misma	Plato de torno; gramil
2	Refrentado de la cara frontal y centrado	Útil de desbastar; broca de centrar
3	Taladrado previo a ⌀ 10 y ⌀ 18	Brocas helicoidales de ⌀ 10 y ⌀ 18
4	Barrenado con útil de torneado interior al diámetro del núcleo 22,052; biselado	Útil para torneado interior
5	Sujeción del útil de roscar	Útil de roscar
6	Roscado	...
Instrumentos de medida y verificación: pie de rey, compás de interiores, calibre macho para roscas.		

Mecanizado de la rosca hembra M 24 × 1,5.

El útil de roscar hay que sujetarlo haciendo uso de una galga y tan en corto como sea posible. Con objeto de que al roscar no sobrepase demasiado el taladro, se le proveerá de una marca.

Los puntos de vista expuestos para el mecanizado de roscas exteriores (pág. 198) son aplicables también para las roscas interiores con las lógicas modificaciones. La profundidad de viruta hay que tomarla menor que para las roscas exteriores en virtud de la flexión del útil de roscar.

Medida y verificación de la rosca hembra M 24 × 1,5.

La verificación de la rosca puede hacerse atornillándole un calibre macho M 24 × 1,5. Antes de atornillarlo hay que eliminar cuidadosamente del taladro que se ha roscado las virutas que pudiera contener. Si no se dispone de calibre macho, como puede suceder, por ejemplo, en la fabricación de piezas sueltas, la verificación se hace atornillando el perno roscado de la figura 197,1, con lo que veremos si la rosca ajusta bien.

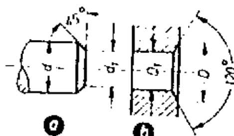


Fig. 200,1. Preparación de las piezas para el roscado. *a*) Rosca de perno o tornillo, *d* diámetro exterior de la rosca, d_1 diámetro del núcleo de la rosca; *b*) rosca hembra o de tuerca, *D* diámetro exterior de la rosca, D_1 diámetro del núcleo de la rosca.

Normas de trabajo para el roscado en tornos horizontales con husillo de guía.

Preparación del torno. Como velocidad de corte se elige para el roscado aproximadamente 1/3 del valor que se emplea para el torneado de desbastar. El paso de la rosca se establece o bien con el mecanismo de avance o bien por medio de las ruedas de recambio.

Tallado de la rosca. Para tallar roscas hace falta dar varias pasadas o cortes.

En la pasada previa se arrancan virutas gruesas (fig. 200,2). El útil se dispone, para ello, en posición perpendicular al eje y se le hace avanzar lateralmente por medio del anillo de ajuste. En el corte de acabado el útil es avanzado sólo perpendicularmente. En ambos flancos se arrancan virutas finas para que la rosca resulte correcta de medidas y lisa.

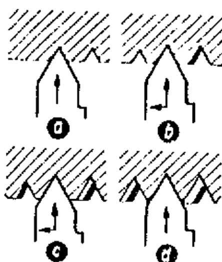


Fig. 200,2. Ajuste del útil para cortar una rosca de sección triangular. *a*) Primer corte; *b*) segundo corte; *c*) tercer corte, cuarto corte, etcétera; *d*) corte de acabado.

Después de cada pasada hay que separar de la pieza el útil. El carro portaherramientas tiene que ser llevado a la posición inicial y el útil, después de ajustar la profundidad de viruta, debe entrar en el surco de rosca cortado anteriormente (fig. 200,3).

Para conseguir del modo más seguro la entrada del útil de roscar, lo mejor es hacer que el carro portaherramientas retroceda, haciendo para ello que el husillo de trabajo gire hacia la izquierda. La tuerca matriz permanece en tanto cerrada hasta el final del roscado. En roscas largas este procedimiento resulta engorroso.

Si la rosca que se mecaniza es un múltiplo de la del husillo de guía, podrá abrirse la tuerca matriz al final de la longitud de rosca y ser vuelta a cerrar en el sitio deseado después del retroceso del carro portaherramientas. Esto ocurre, por ejemplo, con un paso del husillo de guía igual a 6 mm, para los siguientes pasos de rosca: 0,3; 0,4; 0,5; 0,75; 1; 1,2; 1,5; 2; 3; 6 mm. Si el paso de la rosca no es múltiplo del paso del husillo de guía, hay que señalar la posición de embrague de la tuerca matriz. Para esto se utiliza frecuentemente el indicador de pasos de rosca. Cuando se tallan roscas con pasos en pulgadas empleando un husillo de guía métrico o viceversa, tiene que retroceder siempre el carro con la tuerca matriz cerrada.

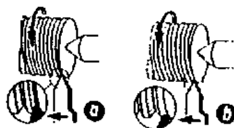


Fig. 200,3. Entrada del útil en el surco de rosca anteriormente tallado. *a*) El útil entra en el surco anteriormente abierto; *b*) el útil no entra en el surco anteriormente abierto (operación defectuosa).

Las roscas a la derecha o a la izquierda se mecanizan por medio de sentidos de avance encontrados (fig. 200,4)

Las roscas de sección trapecial se mecanizan por medio de un roscado previo y de uno final.

La refrigeración y lubricación (tabla 189,1) son necesarias para disminuir el roce entre la pieza y la herramienta; el tiempo de duración del útil de roscar aumenta con ello y los flancos de los filetes resultan ilesos.

Los defectos en el roscado pueden producirse de distintos modos:

a) Por medidas erróneas de la rosca, como por ejemplo, en diámetros y longitudes, o por mediciones y verificaciones defectuosas.

b) Por forma incorrecta de los filetes debida a un afilado defectuoso o a mala sujeción del útil de roscar.

c) Por estar el paso equivocado debido a error en las ruedas de recambio o en la maniobra del mecanismo de avance.

d) Por aspereza de los flancos producida por empleo de un útil de roscar embotado.



Fig. 200,4. Cortes de roscas a la derecha y a la izquierda. *a*) Rosca a la derecha; *b*) rosca a la izquierda.

Cálculo de las ruedas intercambiables.

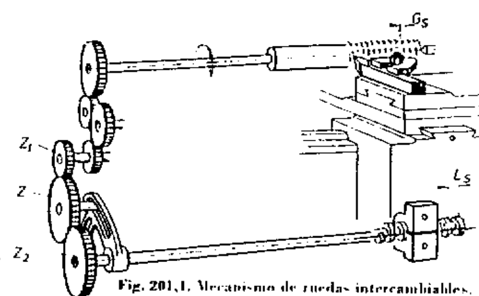


Fig. 201,1. Mecanismo de ruedas intercambiables.

Notaciones (véase fig. 201,1).

G_s — paso de la rosca a tallar.

L_s — paso de rosca del husillo de guía.

Z_1 — número de dientes de la rueda motriz.

Z_2 — número de dientes de la rueda arrastrada.

Z — rueda intermedia sin influencia sobre la reducción; esta rueda tiene un número de dientes arbitrario.

La rueda Z_1 es accionada a través del mecanismo de inversión y tiene el mismo número de vueltas que el husillo de trabajo.

Ejemplo (véase figura 201,1): para tallar una rosca de paso $G_s = 3$ mm con un husillo de guía de paso $L_s = 6$ mm, tendrá que girar el husillo de guía media vuelta por cada vuelta completa que realice la pieza. Esto se consigue por medio de las ruedas dentadas Z_1 y Z_2; por ejemplo, si $Z_1 = 30$ dientes, $Z_2 = 60$ dientes. Es decir, que el número de dientes de la rueda dentada motriz (Z_1) guarda con respecto al de dientes de la rueda arrastrada (Z_2) la misma relación que tienen entre sí el paso de la rosca que vamos a mecanizar y el husillo de guía.

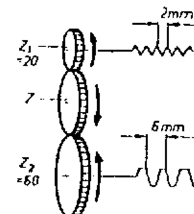
$$\frac{\text{n.º dientes rueda motriz } Z_1}{\text{n.º dientes rueda arrastrada } Z_2} = \frac{\text{paso de la rosca } G_s}{\text{paso del husillo de guía } L_s} \qquad \boxed{\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{G_s}{L_s}}$$

El juego de ruedas cambiables consta de ruedas dentadas con los siguientes números de dientes: 20; 25; 30; 35; 40; 45; 50; 55; 60; 65; 70; 75; 80; 85; 90; 95; 100; 110; 120; 125; 127.

Los husillos de guía tienen pasos en pulgadas o en milímetros. Estos pasos están normalizados y para los husillos métricos son de: 4; 6; 12 y 24 mm. Los husillos en pulgadas son de pasos 1/4″ y 1/2″.

Ejemplo de cálculo.

Husillo de guía con paso en milímetros. Pieza con paso en milímetros



Ejemplo 1.º: Paso de la rosca, 2 mm; paso del husillo, 6 mm.

$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{G_s}{L_s} = \frac{2}{6} = \frac{1}{3} \text{ (se enuncia diciendo: 1 a 3).}$$

El quebrado 1/3 se amplía multiplicando sus términos por un número conveniente para que obtengamos números de dientes adecuados.

$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{G_s}{L_s} = \frac{2}{6} = \frac{1}{3} = \frac{20}{60} \text{ ó también } \frac{30}{90}, \text{ etc.}$$

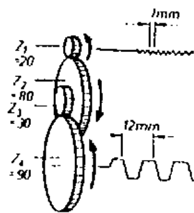
(se enuncia diciendo: 20 a 60 ó 30 a 90, respectivamente)

$Z_1 = 20$ dientes, $Z_2 = 60$ dientes, o $Z_1 = 30$ dientes, $Z_2 = 90$ dientes.

Entre ambas ruedas se coloca una de número arbitrario de dientes.

Ejemplo 2.º: paso de rosca, 1 mm; paso del husillo, 12 mm.

$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{G_s}{L_s} = \frac{1}{12}$$

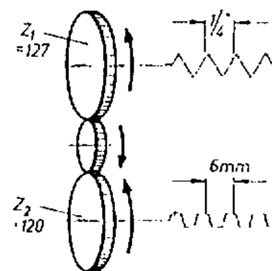


Ampliando la fracción 1/12 no se obtienen números convenientes de dientes; por esta razón se descompone en dos quebrados y se amplía cada uno por medio de un multiplicador adecuado de ambos términos.

$$\frac{1}{12} = \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{3} = \frac{20}{80} \cdot \frac{30}{90}$$

Resultan así dos pares de ruedas intercambiables (doble reducción)

$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{20}{80}$ y $\frac{Z_3}{Z_4} = \frac{30}{90}$; ruedas motrices Z_1 y Z_3, ruedas arrastradas Z_2 y Z_4



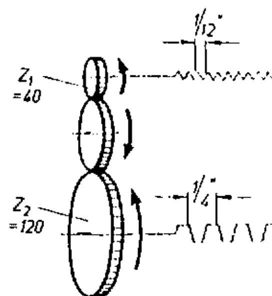
Husillo de guía con paso en milímetros, pieza con paso en pulgadas.

Ejemplo 3.º: Pieza, 4 pasos por 1", o sea, paso $= \frac{1''}{4} =$ $= 25{,}4$ mm/4; husillo : paso = 6 mm.

$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{G_x}{L_x} = \frac{{}^1/_4{}''}{6\text{ mm}} =$$

$$= \frac{25{,}4}{4} \cdot \frac{1}{6} = \frac{12{,}7}{2} \cdot \frac{1}{6} = \frac{12{,}7}{12} = \frac{127}{120}$$

$Z_1 = 127$ dientes
$Z_2 = 120$ dientes

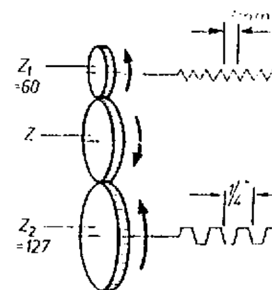


Husillo con paso en pulgadas, pieza con paso en pulgadas.

Ejemplo 4.º: Pieza, 12 pasos por 1", paso $\frac{1''}{12}$ husillo, 4 pasos por 1", paso $= \frac{1''}{4}$.

$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{G_x}{L_x} = \frac{{}^1/_{12}{}''}{{}^1/_4{}''} = \frac{1''}{12} \cdot \frac{4''}{1} = \frac{4}{12} = \frac{40}{120}$$

$Z_1 = 40$ dientes
$Z_2 = 120$ dientes



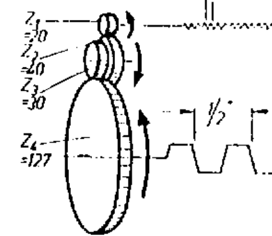
Husillo con paso en pulgadas, pieza con paso en milímetros.

Ejemplo 5.º: Pieza, paso = 3 mm.

Husillo, 4 pasos por 1"; paso $= \frac{1''}{4}$

$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{G_x}{L_x} = \frac{3\text{ mm}}{{}^1/_4{}''} = \frac{3}{{}^{25,4}/_4} = \frac{3 \cdot 4}{25{,}4} = \frac{12}{25{,}4}$$ (y multiplicando por 5 ambos términos) $= \frac{60}{127}$

$Z_1 = 60$ dientes
$Z_2 = 127$ dientes



Ejemplo 6.º: Pieza, paso = 1,5 mm.
Husillo: 2 pasos por 1"; paso $= \frac{1''}{2}$

$$\frac{Z_1}{Z_2} = \frac{G_x}{L_x} = \frac{1{,}5\text{ mm}}{{}^1/_2{}''} = \frac{1{,}5}{{}^{25,4}/_2} = \frac{1{,}5}{25{,}4} \cdot 2 = \frac{3}{25{,}4}$$

Como multiplicando por el mismo número ambos términos no se obtienen ruedas adecuadas, se descompone el quebrado 3/25,4 en dos quebrados, ampliando después cada uno de ellos

$$\frac{Z_1}{Z_2} \cdot \frac{Z_3}{Z_4} = \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{12{,}7} = \frac{20}{40} \cdot \frac{30}{127}$$

Ruedas motrices: Z_1 y Z_3 = 20 y 30 dientes.
Ruedas arrastradas: Z_2 y Z_4 = 40 y 127 dientes

Roscado en el torno revólver.

El torno revólver se utiliza para roscar piezas en gran número. El roscado tiene lugar aquí principalmente en combinación con otros trabajos de torno (figura 203,1).

Como herramientas se usan: terrajas, machos de roscar, terrajas de apertura automática, útiles de roscar y peines de roscar. Las piezas se sujetan en el plato de sujeción correspondiente. En el soporte revólver del torno se sujetan las herramientas de roscar.

Los cojinetes y los machos de roscar exigen para la separación de la pieza la inversión del sentido de rotación.

Las terrajas de apertura automática para roscas exteriores e interiores se abren automáticamente después de haber cortado la rosca de modo que ahorran la inversión del sentido de giro.

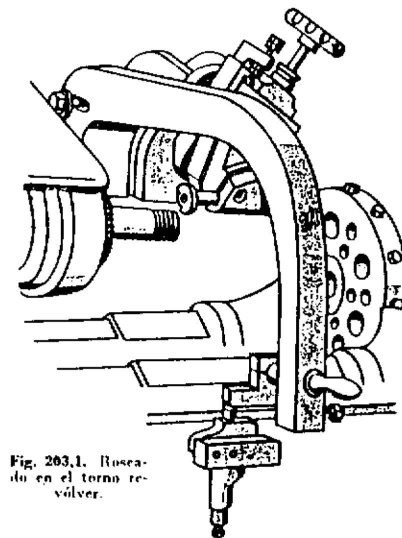


Fig. 203,1. Roscado en el torno revólver.

Los útiles de roscar (un solo diente o corte) y los peines de roscar se usan generalmente con rosca-plantilla y tuerca guiadora en la misma forma que en el torno de plantilla con montaje suspendido para roscar (véase fig. 194,2).

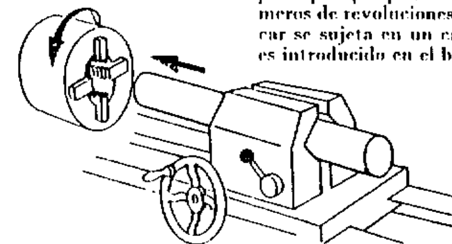
Roscado en la taladradora.

El macho de roscar se sujeta en la cabeza del husillo de taladrar y la pieza en la mesa de la taladradora (fig. 203,2). El taladrado del agujero del núcleo y el tallado de la rosca se hacen, por lo general, sin cambiar la sujeción de la pieza.

Si el avance es accionado a mano, el macho de roscar, en virtud de su forma helicoidal, se introduce por sí mismo con el avance correcto en el agujero del núcleo tan pronto como haya agarrado en la embocadura de éste. Para desatornillar el macho es necesario invertir el sentido de rotación. Frecuentemente están provistas las taladradoras de un dispositivo de avance desmodrómico, por ejemplo, a base de una plantilla guiadora, quedando así garantizada la ejecución de roscas limpias y ajustadas a las dimensiones correctas.

Roscado en la máquina de roscar.

Las máquinas de roscar (fig. 203,3) se emplean en la fabricación en serie. El bastidor de hilera o cabeza portacojinetes se halla dispuesto sobre el husillo principal que puede ajustarse para distintos números de revoluciones. El perno que se quiere roscar se sujeta en un carro y para tallar los filetes es introducido en el bastidor de la hilera.



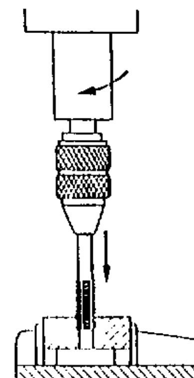


Fig. 203,2 (derecha). Roscado en la taladradora.

Fig. 203,3 (izquierda). Roscado en la máquina de roscar.

Fresado de roscas.

Por medio de la operación de fresado pueden mecanizarse de modo económico los perfiles usuales de rosca, salvo el de sección cuadrada. Se distingue entre *fresado de rosca larga* y *fresado de rosca corta*.

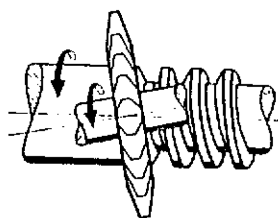


Fig. 204,1. Fresado de rosca larga exterior.

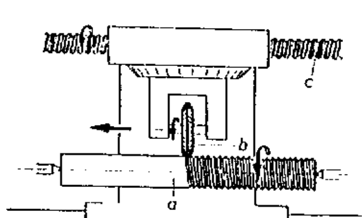


Fig. 204,2. Máquina para fresado de rosca larga (representación simplificada) *a*) Pieza; *b*) fresa; *c*) husillo de guía.

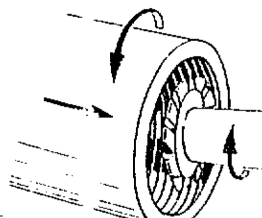


Fig. 204,3. Fresado de rosca larga interior.

El fresado de rosca larga (figs. 204,1,2 y 3) exige como útil de corte una fresa de forma, que se ajuste a la de la rosca deseada. El eje de la fresa tiene que guardar una posición perpendicular a la línea helicoidal. El paso de rosca se obtiene por desplazamiento longitudinal de la fresa. La rosca se mecaniza en una o en varias pasadas o cortes.

La *máquina de fresar roscas largas* (fig. 204,2) se asemeja al torno. Para sujetar la fresa se utiliza un cabezal portafresas que puede desplazarse para ser ajustado al ángulo de pendiente. El cabezal portafresas se halla dispuesto sobre el carro longitudinal, cuyo movimiento en esta dirección es accionado por medio de un husillo de guía. Pueden fresarse roscas exteriores e interiores.

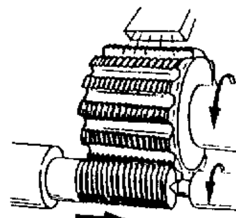


Fig. 204,4. Fresado de rosca corta exterior.

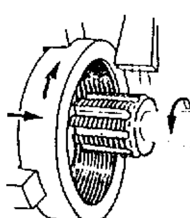


Fig. 204,5. Fresado de rosca corta interior.

El fresado de roscas cortas (figura 204,5) se emplea para el fresado de roscas de perfil triangular cortas, ya sean exteriores o interiores. Como útil de corte se emplea una fresa de ranuras. Las ranuras *no tienen* inclinación ninguna. La forma de las ranuras debe corresponderse con el perfil del filete de la rosca y su distancia con el paso de la misma. La fresa hay que escogerla un poco más larga que la rosca a tallar, porque todas las espiras de esta última quedan así fresadas a un tiempo. El movimiento de corte lo realiza la fresa colocada con una inclinación igual al ángulo de pendiente de la hélice. La pieza realiza durante el mecanizado de la rosca algo más de una revolución. Durante *una* revolución *la pieza* es desplazada en dirección longitudinal en una magnitud igual al paso. Existen también máquinas para fresar roscas cortas en las cuales es *la fresa* la que recibe ese movimiento longitudinal.

Ejecución de roscas por remolineado o por descortezado.

En este procedimiento de trabajo se hacen roscas puntiagudas trapeciales y en diente de sierra en una sola pasada y en poquísimo tiempo con gran velocidad de corte y gran precisión y elevada calidad superficial (fig. 205,1).

Un cabezal portacuchillas equipado con un cincel o útil de roscar de metal duro gira con velocidad de unos 300 rev/min y realiza simultáneamente el movimiento de avance. La pieza gira a razón de 0,4 a 5 m/min. El útil de roscar, en virtud de la posición excéntrica, encuentra la pieza cada vez en un sitio y arranca con ello una delgada viruta que corresponde al perfil completo de la rosca. Hay también dispositivos con dos y más útiles. Pueden ejecutarse por este procedimiento roscas exteriores e interiores. El ahorro de tiempo respecto al tallado de roscas viene a ser de un 90 %.

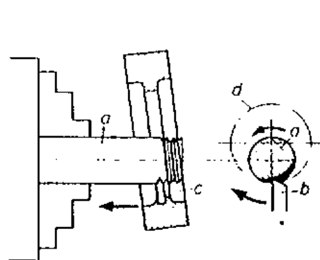


Fig. 205,1. Descortezado o remolineado de roscas. *a*) Pieza; *b*) útil de roscar; *c*) cabezal portacuchillas; *d*) circunferencia de vuelo de la cuchilla de rosca.

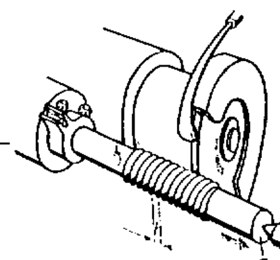


Fig. 205,2. Esmerilado de roscas con muela de un solo perfil. *a*) Pieza; *b*) paso de la rosca.

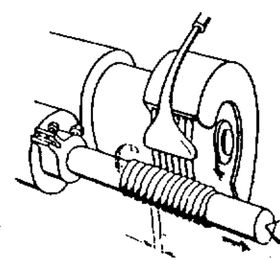


Fig. 205,3. Esmerilado de roscas con muela de perfil múltiple. *a*) Pieza; *b*) paso de la rosca.

Esmerilado de roscas.

Mediante esmerilado puede dotarse de rosca a piezas sin templar, pero también, sobre todo, a piezas templadas (figs. 205,2 y 3). Se elige el procedimiento de esmerilado cuando es preciso obtener gran exactitud y muy buena calidad superficial como pasa, por ejemplo, en el caso de machos de roscar, calibres machos y de anillo para roscas, husillos de medición, etc.

Para esmerilar se utilizan muelas de un solo perfil y de perfiles múltiples. El perfil de las muelas se tornea o repasa con diamante que es guiado mediante un montaje en la máquina de esmerilar roscas. La muela recibe su movimiento mediante la máquina de esmerilar. La pieza gira a reducido número de revoluciones y realiza el movimiento de avance que corresponde al paso de rosca. Las roscas de pequeño paso se esmerilan completamente del material lleno. Las roscas grandes reciben un tallado o fresado previo.

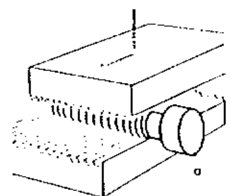


Fig. 205,4. Laminado de roscas con mordazas planas. *a*) Pieza; *b*) mordazas planas. Las mordazas están soportadas por la máquina laminadora de roscas. La mordaza superior se hace pasar con gran presión sobre la pieza. Con ello quedan marcados los filetes de rosca.

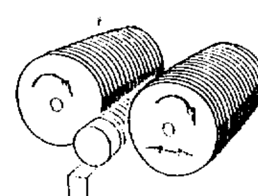


Fig. 205,5. Laminado de roscas con rodillos. *a*) Pieza; *b*) rodillos; *c*) apoyo o guía. La pieza está dispuesta entre un rodillo fijo y uno que se desplaza presionando. Pueden laminarse roscas cortas y largas.

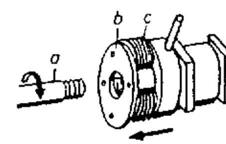


Fig. 205,6. Roscado por cilindrado mediante grueso cabezal de rodillos. *a*) Pieza; *b*) cabezal con rodillos; *c*) rodillos. La rosca es laminada o cilindrada mediante tres rodillos. La cabeza portarrodillos se abre automáticamente después de ejecutarse la rosca.

Laminado de roscas.

La rosca se lamina por medio de mordazas planas estriadas o de rodillos (fig. 205,4). Se trata de un procedimiento de trabajo sin arranque de viruta, que es empleado en la fabricación de grandes series.



Fig. 205,7. Forma de las fibras de material. *a*) En el caso de roscas talladas; *b*) en el de rosca obtenida por cilindrado o laminado.

La superficie de la rosca resulta pulimentada por presión. En partes sometidas a un esmerilado previo se puede obtener la calidad superficial «fina». Como las fibras no quedan interrumpidas, las piezas roscadas presentan buenas propiedades de resistencia (fig. 205,7).

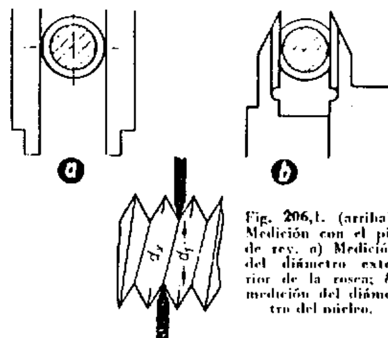


Fig. 206,1. (arriba). Medición con el pie de rey. *a*) Medición del diámetro exterior de la rosca; *b*) medición del diámetro del núcleo.

Fig. 206,2. Error en la medición del diámetro del núcleo. d_1 es mayor que el diámetro del núcleo d_1.

Medida y verificación de roscas.

En una rosca hay que tener en cuenta cinco magnitudes determinantes (véase fig. 187,1, pág. 187): diámetros exterior, del núcleo y de los flancos, paso y ángulo de los flancos o perfil del filete. El diámetro de los flancos, el paso y el ángulo de los flancos tienen una especial importancia para el ajuste de la rosca (véase fig. 189,1, pág. 189).

En la *medición* se trata de la determinación numérica de dimensiones. Mediante la *verificación*, por ejemplo con ayuda de calibres fijos, se determina, sobre todo, la intercambiabilidad.

La medición de roscas es difícil, porque las magnitudes a determinar dependen unas de otras.

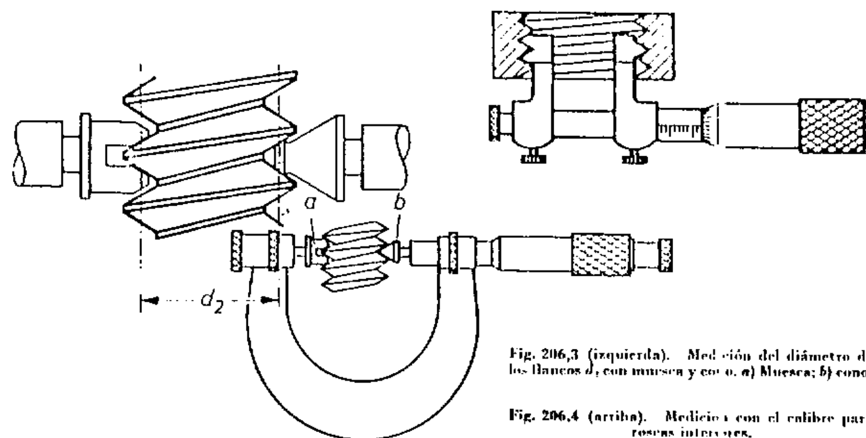


Fig. 206,3 (izquierda). Medición del diámetro de los flancos d_2 con muesca y cono. *a*) Muesca; *b*) cono.

Fig. 206,4 (arriba). Medición con el calibre para roscas interiores.

Los diámetros exterior y del núcleo pueden medirse y verificarse con pie de rey, pálmer, calibre macho y calibre de herradura (fig. 206,1).

En la medición del diámetro del núcleo con dos puntas de medición se obtiene una medida errónea (fig. 206,2), porque las gargantas opuestas de los surcos están desplazadas una respecto a otra en el valor de la mitad del paso.

El diámetro de los flancos puede medirse con un pálmer o calibre micrométrico para roscas exteriores e interiores. Para la medición en el taller, el instrumento más usado es el calibre para roscas provisto de dos cuerpos de medida configurados en forma de cono y de muesca (figs. 206,3,4). La muesca y el cono son recambiables y tienen para cada paso de rosca una magnitud diferente. Antes de la medición se introducen en los taladros de que para ese fin, va provisto el calibre.

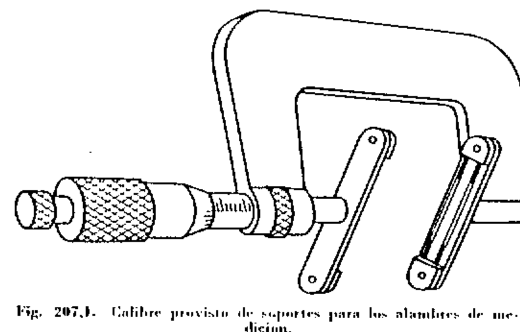


Fig. 207,1. Calibre provisto de soportes para los alambres de medición.

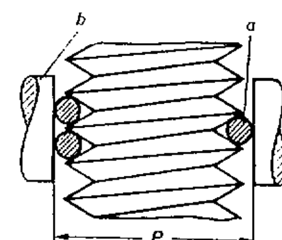


Fig. 207,2. Alambres de medida para medición de los flancos. *a*) Alambres de medición; *b*) tope fijo o yunque y husillo del pálmer; *P*) medida de comprobación

Para una medición exacta del diámetro de los flancos se emplean frecuentemente unos *alambres de medición* dispuestos en soportes adecuados (figs. 207,1,2). Los soportes se aplican sobre el tope fijo, o yunque, y el husillo de un calibre micrométrico. El diámetro de los flancos correspondiente a la medida de comprobación *P* obtenida, se saca de unas tablas. Para la medición son necesarios tres alambres que deben tener un diámetro adecuado al paso de la rosca que se mide.

Ejemplo: Para medir el diámetro de los flancos de una rosca M 24, se necesitan alambres con diámetro igual a 2,05 mm. El diámetro de los flancos tiene la medida correcta (22,051 mm) si la medida de comprobación $P = 25{,}606$.

Por medio de *instrumentos de comparación*, como, por ejemplo, con el *amplificador de esfera* o con el *minímetro* (figs. 207,3,4), pueden determinarse las discrepancias del diámetro de los flancos con la medida nominal. Antes de la medición han de ajustarse los instrumentos de acuerdo con una pieza patrón, por ejemplo, con un calibre de anillo para roscas o un calibre macho para roscas. Una verificación sencilla puede llevarse a cabo también por medio de un *compás de bolas* ajustado previamente con ayuda de un patrón (fig. 207,5).

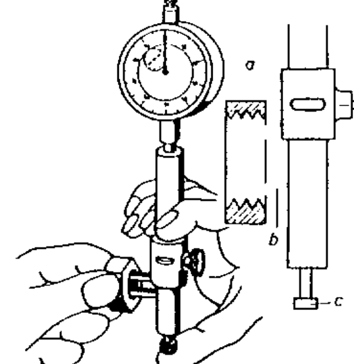


Fig. 207,3. Amplificador de esfera para roscas interiores. *a*) Brazo fijo de medición con muesca; *b*) brazo móvil de medición con cono, unido a la espiga palpadora del amplificador; *c*) botón de presión para elevar el brazo móvil de medición.

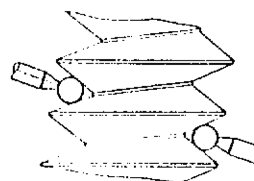
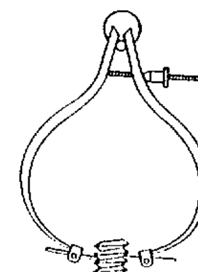


Fig. 207,5. Verificación con el compás de bolas.



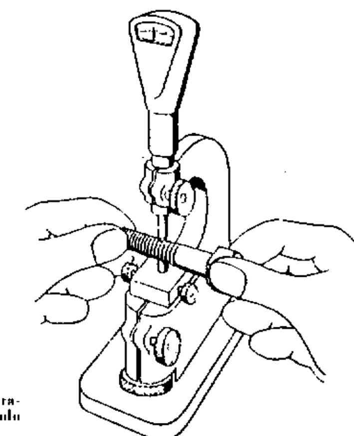


Fig. 207,4. (derecha). Medición comparativa del diámetro de los flancos utilizando el minímetro.

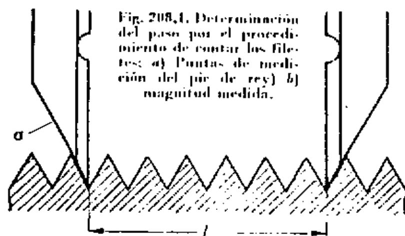


Fig. 208,1. Determinación del paso por el procedimiento de contar los filetes: a) Puntas de medición del pie de rey; b) magnitud medida.

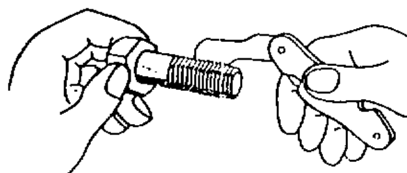
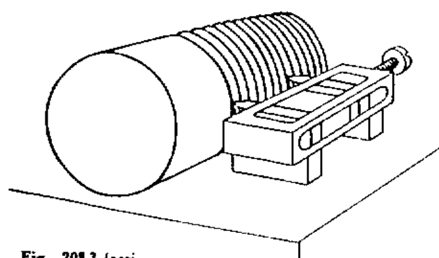


Fig. 208,2. Verificación del paso con la galga de roscas.



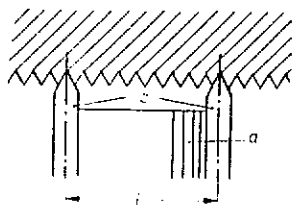


Fig. 208,3 (arriba y a la derecha). Medición del paso por medio de calibres normales de caras paralelas. a) Calibres normales de caras paralelas; b) picos que limitan la magnitud medida; l) magnitud medida.

Fig. 208,4 (izquierda). Verificación del perfil de una rosca métrica por medio del microscopio de taller. a) Sombra de la rosca a verificar; b) perfiles tipo delineados sobre el aparato.

El paso puede determinarse contando los hilos de rosca (fig. 208,1).

En una rosca métrica se mide la longitud ocupada por varios hilos de rosca (a poder ser, diez) con las puntas del pie de rey. Para obtener el paso se divide la distancia medida por el número de hilos o filetes.

Ejemplo: La longitud ocupada por 10 filetes de rosca es de 30 mm. El paso será de 30 mm : 10 = 3 mm.

En las roscas Whitworth se encuentra el número de hilos por pulgada, ajustando el calibre a una abertura de 1" = 25,4 mm y contando los filetes comprendidos entre las puntas de aquél.

Más sencillo resulta el empleo de *galgas de roscas* que suelen ir reunidas en un haz como las varillas de un abanico (fig. 208,2).

La galga para roscas se aplica a la rosca que se trata de comprobar. Por el procedimiento de la rendija de luz pueden apreciarse fácilmente discrepancias en el paso. A esta comprobación puede ir simultáneamente unida la del perfil, por ejemplo en cuanto a ángulo de los flancos, redondeamiento, etc., etc.

Para mediciones exactas del paso se emplean frecuentemente calibres normales de caras paralelas limitadas por picos que ajustan en los surcos de la rosca (fig. 208,3).

Los ángulos de los flancos y el perfil de la rosca se comprueban en casos sencillos con plantillas de rosca.

Para la verificación exacta es necesario disponer de un microscopio de taller (fig. 208,4).

Sobre una placa de cristal del citado microscopio están muy claramente delineados los perfiles corrientes de rosca. Los distintos perfiles pueden irse girando sucesivamente para ser colocados en el campo de visión del ocular. Se procura entonces hacer que uno de los perfiles en cuestión, dibujados en la placa, cubra al perfil de rosca de la pieza que, en forma de sombra, aparece a la vista. En virtud de los treinta aumentos con que aparecen las figuras se puede fácilmente apreciar cualquier discrepancia que exista.

Las mediciones de roscas de una gran exactitud como, por ejemplo, las de los calibres de rosca, se realizan con el *microscopio medidor universal*. Además de la verificación por el procedimiento de la sombra (fig. 208,4), pueden medirse también exactamente las demás magnitudes determinativas de la rosca. Por lo muy delicado que es el instrumento no se usa sino en la sala de mediciones.

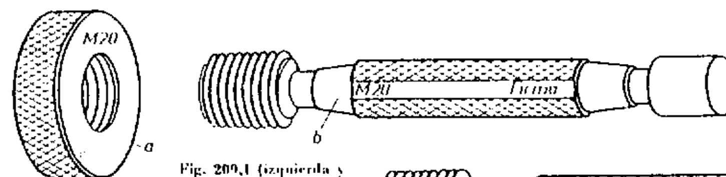


Fig. 209,1 (izquierda y arriba). Calibres normales para roscas. a) Calibre normal de anillo para roscas; b) calibre normal macho para roscas.



Fig. 209,2. Calibre macho de tolerancias de rosca.

Verificación de roscas por medio de calibres.

Cuando se mecanizan en cantidad piezas roscadas es antieconómico ir midiendo cada una de las magnitudes determinativas de las roscas, porque en algunos casos resultaría más cara la medición que la misma pieza. En lugar de ello, lo que se hace es emplear calibres que nos proporcionan una verificación simultánea de todas las magnitudes de la rosca.

Los calibres normales para roscas (fig. 209,1) se emplean ahora poco.

El tornillo se verifica con el calibre normal de anillo y la tuerca con el calibre normal macho para roscas. Los calibres deben poderse atornillar o enroscar con movimiento ajustado de la rosca. El cilindro liso del calibre macho sirve para verificar el diámetro del núcleo de la rosca interior. La verificación depende del tacto de cada cual. Además, una rosca que se deje atornillar o enroscar de un modo seguido y ajustado, no nos ofrece la garantía de que ajuste realmente (véase fig. 189,1, pág. 189). El diámetro de los flancos, y con él el buen ajuste de estos flancos, no pueden verificarse bien con calibres normales para roscas.

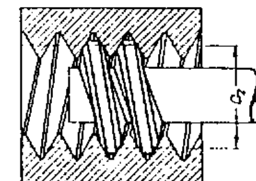


Fig. 209,3. Verificación del diámetro de los flancos *D*, con el lado malo del calibre macho de tolerancias de rosca.

Los calibres de tolerancias para roscas se utilizan para una rápida y segura verificación de todas las magnitudes de rosca. Tienen, lo mismo que todos los calibres de tolerancias, un lado bueno y un lado malo.

Las *roscas interiores* se verifican con el calibre macho de tolerancias de rosca (figs. 209,2,3).

El lado bueno tiene una rosca con el perfil completo y debe poderse atornillar fácilmente. El lado malo, que es muy corto, tiene de dos a tres filetes cuyos flancos están rebajados en la parte de los diámetros exterior y del núcleo. No se verifica con él nada más que el diámetro de los flancos y no debe poderse atornillar.

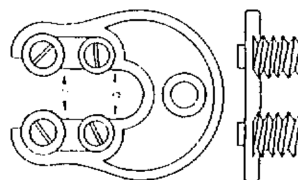


Fig. 209,4. Calibre de herradura para roscas con rodillos de medida. a) Lado bueno; b) lado malo.

Las *roscas exteriores* pueden verificarse con ayuda de calibres de herradura para tolerancias provistos de rodillos de medición. Los lados bueno y malo están dispuestos, en la misma herradura, uno detrás de otro.

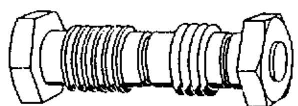


Fig. 209,5. Calibre de ajuste con dos lados de medida para ajustar el lado bueno y el lado malo de un calibre de herradura para tolerancias de rosca.

El lado bueno está formado por el par de rodillos delanteros que van provistos del perfil completo de la rosca. Debe poderse correr sobre la rosca por su propio peso.

El lado malo está constituido por el par trasero de rodillos que tienen los flancos acortados de modo que con ellos no puede palparse nada más que el diámetro de los flancos. El lado malo no debe poder pasar sobre la pieza.

Los rodillos de medición son desplazables y pueden ajustarse de acuerdo con un calibre patrón (fig. 209,5).

10. MECANIZADO DE RUEDAS DENTADAS

Empleo de ruedas dentadas.

Por medio de ruedas dentadas se transmiten movimientos de rotación y movimientos de torsión. La transmisión es *desmodrómica* porque engranan entre sí los dientes y los espacios entre diente y diente.

Hay ruedas dentadas interiormente y exteriormente (fig. 210,1).

En las ruedas dentadas exteriormente el sentido de rotación es opuesto cuando van acopladas.

Las ruedas dentadas interiormente tienen el mismo sentido de giro que las ruedas interiores que engranan con ellas, y la distancia entre sus ejes es pequeña.

Mediante una rueda dentada y una cremallera se transforma el movimiento de rotación en un movimiento rectilíneo del mismo sentido.

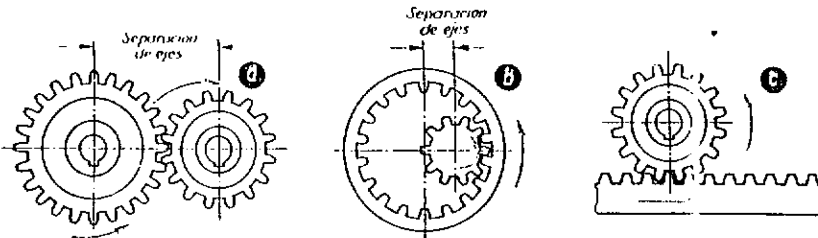


Fig. 210,1. Ruedas dentadas con dentado exterior e interior. *a*) Dentado exterior (sentidos de rotación opuestos); *b*) dentado interior (igual sentido de rotación, pequeña distancia entre ejes); *c*) cremallera con rueda dentada (se transforma el movimiento de rotación en uno rectilíneo del mismo sentido o viceversa).

Engranajes y formas de las ruedas dentadas.

Dos o más ruedas dentadas que engranan entre sí constituyen un engranaje. La rueda más pequeña se llama piñón. Según la posición de los ejes existen distintas formas fundamentales de ruedas dentadas.

Engranajes de ruedas frontales (fig. 210,2). Los árboles tienen posición paralela. La forma fundamental de las ruedas dentadas es un cilindro. Los dientes pueden ser rectos, inclinados o de flecha (dientes en V).

Los *dientes rectos* son los más empleados.

Los *dientes inclinados* funcionan con menos ruido porque el engrane tiene lugar de un modo paulatino. Se produce, no obstante, un empuje axial que ha de ser soportado por un cojinete de presión.

Los *dientes en forma de flecha* se emplean para grandes potencias. El empuje axial queda compensado en estos engranajes.

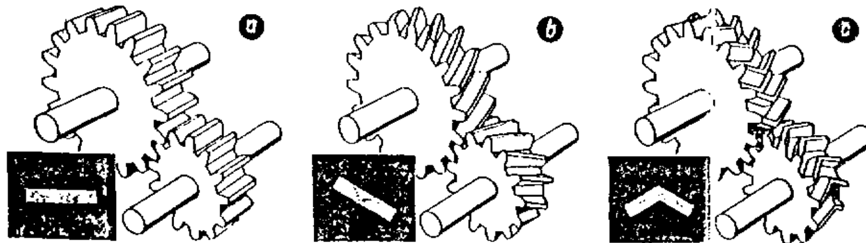


Fig. 210,2. Engranajes de ruedas frontales. *a*) Ruedas frontales con dientes rectos; *b*) ruedas frontales con dientes inclinados; *c*) ruedas frontales con dientes en forma de flecha.

Engranajes cónicos (fig. 211,1). Los árboles se cortan aquí en un punto. Las ruedas tienen una forma fundamental cónica. Existen ruedas cónicas con dientes rectos, inclinados y en forma espiral.

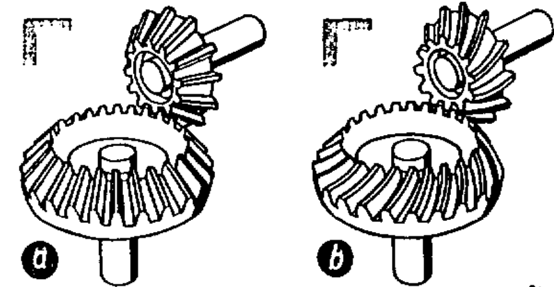


Fig. 211,1. Engranajes de ruedas cónicas. *a*) Ruedas cónicas con dientes rectos; *b*) ruedas cónicas con dientes inclinados.

Engranajes de ruedas helicoidales (fig. 211,2). Los árboles se cruzan. Las ruedas helicoidales son ruedas frontales con el dentado inclinado.

Engranaje de tornillo sin fin. Los árboles se cruzan. El engranaje consta de tornillo sin fin y rueda helicoidal y es apropiado para grandes relaciones de transmisión. Tiene un funcionamiento silencioso y ocupa poco sitio. La rueda helicoidal es siempre arrastrada por el tornillo sin fin.

Los engranajes de ruedas frontales y los de ruedas cónicas son *engranajes de rodadura* porque en ellos las ruedas ruedan una sobre la otra.

Los engranajes de ruedas helicoidales y de tornillos sin fin se designan como *engranajes helicoidales*.

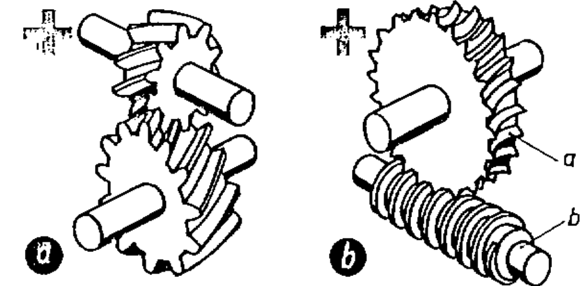


Fig. 211,2. (*a*) Engranaje de ruedas helicoidales; (*b*) engranaje de tornillo sin fin; *a*) rueda helicoidal; *b*) tornillo sin fin.

Perfil de los dientes.

Con objeto de que las ruedas dentadas que engranan entre sí, trabajen sin sacudidas y produciendo poco ruido y rozamiento, los dientes tienen que tener un determinado perfil. El perfil más corriente es el de evolvente. Una evolvente es la curva que se produce al desarrollar un hilo de una circunferencia en que estuviera arrollado, manteniéndolo tirante, o lo que es lo mismo, al hacer rodar una recta sobre una circunferencia (figura 211,3). En una cremallera con dentado de evolvente el flanco de los dientes es recto. El dentado de evolvente está normalizado. Existe también el dentado cicloidal, pero éste no se emplea en construcción de máquinas.

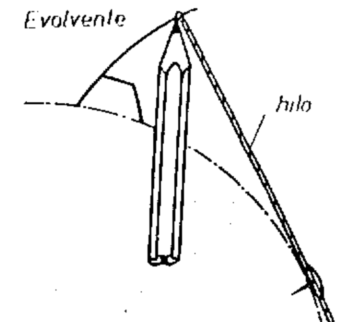


Fig. 211,3. Generación de la curva evolvente.

Magnitudes de las ruedas frontales con dentado recto.

La forma de los dientes queda limitada por las circunferencias de cabeza y de pie (figura 212,1).

Los dientes se distribuyen a lo largo de la circunferencia primitiva. Se llama *paso* la distancia de diente a diente medida sobre el arco de circunferencia primitiva. El paso está compuesto por el espesor del diente y por la separación entre dientes. El paso se elige múltiplo del número π. El número por el cual se multiplica el número π es el módulo (m). Mediante la normalización se limita el número infinito de posibles módulos.

Fig. 212,1. Designaciones en una rueda frontal con dientes rectos. d_0) Diámetro de la circunferencia primitiva; d_k) diámetro de la circunferencia de cabeza; h) altura del diente; h_k) cabeza del diente; h_f) pie del diente; t) paso; s) espesor del diente; l) separación entre dientes; b) anchura o profundidad del diente.

Paso = módulo π;

Paso $\boxed{t = m \cdot \pi}$ en mm.

El módulo es un número concreto y se da en mm.

Ejemplo: Cálculo del paso en mm para un módulo 2.

Solución: $t = m \cdot \pi = 2 \cdot 3{,}14 = 6{,}28$ mm.

Eligiendo el paso como múltiplo de π se obtienen para el diámetro de la circunferencia primitiva números sencillos.

Perímetro circunf. primit. = paso número de dientes, $U = t \cdot z$ o bien $U = m \cdot \pi \cdot z$.

Diámetro circunf. primit. = $\frac{\text{perímetro circunf. primit.}}{\pi}$; $d_0 = \frac{U}{\pi}$

o bien, siendo $U = m \cdot z \cdot \pi$, $d_0 = \frac{m \cdot z \cdot \pi}{\pi}$

Diámetro circunf. primit. = módulo número de dientes;

diámetro circunf. primit. $\boxed{d_0 = m \cdot z}$ en mm.

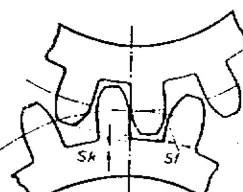


Fig. 212,2. Par de ruedas dentadas engranando entre sí. S_f) Juego de los flancos (exagerado en el dibujo); S_k) juego de la cabeza.

Son valores normales los siguientes:

altura del diente h_z = $^{13}/_6$ m = 2,166 m = 0,7 t
cabeza del diente h_k = $^{6}/_6$ m = 1 m = 0,3 t
pie del diente h_f = $^{7}/_6$ m = 1,166 m = 0,4 t

diámetro de la circunferencia de cabeza $d_k = d_0 + 2 \cdot h_k$ o bien $d_k = d_0 + 2 \cdot m$ o también $d_k = m \cdot z + 2\,m$

es decir, diámetro circunferencia de cabeza $\boxed{d_k = m\,(z+2)}$ en mm

Distancia entre ejes de las dos ruedas $\boxed{a = \frac{d_{01} + d_{02}}{2}}$ en mm.

Las ruedas dentadas que han de trabajar juntas tienen que tener el mismo paso y han de tocarse en las circunferencias primitivas. El juego de cabeza s_k vale 0,166 mm. Entre diente y diente queda un pequeño juego en los flancos, y si, por ejemplo, el espesor del diente es $\frac{39}{80}\,t$, la separación entre dientes será $\frac{41}{80}\,t$.

Ejemplo: Calcúlense para una rueda dentada de módulo 2 y de 30 dientes las siguientes magnitudes: diámetro de la circunferencia primitiva, cabeza del diente, pie del diente, altura del diente y diámetro de la circunferencia de cabeza.

Solución: diámetro de la circunf. primit. $d_0 = m \cdot z = 2 \cdot 30 = 60$ mm;
cabeza de los dientes $h_k = 1 \cdot m = 1 \cdot 2 = 2$ mm;
pie de los dientes $h_f = 1{,}166 \cdot m = 1{,}166 \cdot 2 = 2{,}333$ mm;
altura de los dientes $h_z = 2{,}166 \cdot m = 2{,}166 \cdot 2 = 4{,}333$ mm;
diámetro circunf. de cabeza $d_k = m\,(z+2) = 2\,(30+2) = 64$ mm;

Observación: Con el número de dientes y el módulo quedan determinadas las más importantes magnitudes de una rueda frontal.

Materiales para ruedas dentadas.

Ruedas dentadas de materiales metálicos. Para cargas reducidas se construyen las ruedas dentadas de fundición de hierro, de acero moldeado o de aceros corrientes de construcción, como, por ejemplo, los St 50.11 y St 60.11.

Las ruedas sometidas a fuertes cargas se tratan térmicamente después de mecanizadas, cementando o templando, por ejemplo, la zona de los flancos.

Para el *cementado* son necesarios aceros con pequeño contenido de carbono. Mediante calentamiento en un medio que ceda carbono se enriquecen en esta sustancia los flancos de los dientes.

El temple exige aceros con elevado contenido de carbono. La superficie de los flancos se calienta por medio del mechero oxiacetilénico y se enfría después mediante inmersión en agua.

Las ruedas dentadas de material prensado tienen un funcionamiento silencioso, son de poco peso y resistentes al agua y al aceite. Toda rueda de material prensado trabaja emparejada con una rueda metálica. Las ruedas de material prensado no son adecuadas para trabajar como ruedas de mecanismos de avance porque al embragar se romperían los dientes. Los materiales empleados son la tela dura hecha con resina artificial y la madera prensada hecha con resina artificial.

Entre los primeros figuran el Novotext y el Resitext, que están compuestos por capas planas de tejido, conseguidas de resinas artificiales bajo temperatura y presión.

Entre los segundos materiales citaremos el Lignofol Z y están formados por madera en hojas, prensada con resinas sintéticas a alta temperatura.

Fabricación de cuerpos de rueda para ser dentados.

Los cuerpos de rueda para *pequeñas* ruedas dentadas de acero se cortan, con sierra, de redondos de acero o se forjan de ese mismo material, soldándoles a menudo los cubos correspondientes (fig. 213,1).

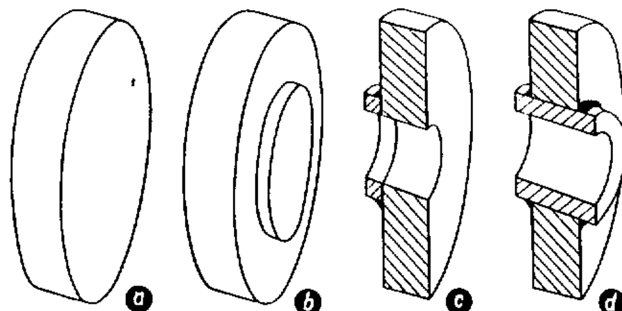


Fig. 213,1. Ejemplos de preparación de cuerpos de rueda. a) Aserrado; b) forjado; c) y d) cubos soldados al cuerpo de rueda.

Los cuerpos de rueda para *grandes* ruedas se preparan por fundición (acero moldeado, fundición de hierro) o por soldadura. Los cuerpos de rueda muy grandes, soldados, constan de la corona o llanta, el cubo y el disco o centro de rueda con o sin refuerzos. Como material se emplea el acero. Las ruedas soldadas son más ligeras que las fundidas, de modo que se economiza material con ellas.

En las ruedas de material prensado hay que tener en cuenta la correcta dirección de las capas de material (figura 213,2). Frecuentemente se mete a presión, a modo de cubo, un manguito de acero.

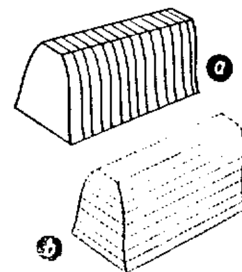


Fig. 213,2. Dirección de las capas de material en ruedas de material prensado. a) Dirección correcta; b) dirección defectuosa.

Los cuerpos de rueda se mecanizan por torneado en tornos ordinarios, tornos revólver y tornos automáticos.

Ejecución del dentado.

El dentado se hace, por lo general, mediante arranque de viruta. En este procedimiento se forman los dientes vaciando los espacios comprendidos entre ellos. Los métodos de trabajo más frecuentes son el fresado, el mortajado o el cepillado y el esmerilado.

En casos especiales, se ejecuta el dentado sin arranque de viruta, por ejemplo, cuando se hacen las ruedas dentadas por fundición o por estampado.

Fresado de dientes.

En el fresado de dientes puede emplearse el *procedimiento de plato divisor* o el *procedimiento continuo.*

Fresado de ruedas dentadas por el procedimiento del plato divisor (fig. 214,1).

Como útiles se emplean fresas para tallar engranajes que tienen que tener la forma del hueco entre diente y diente (figs. 214,2,3).

Al aumentar el número de dientes se altera, para el mismo paso, la forma del hueco entre diente y diente. Con objeto de que se puedan construir ruedas de diferentes números de dientes es necesario tener para cada módulo un juego completo de fresas. Según la exactitud que tenga que tener la rueda dentada acabada, así se tomará la fresa del juego de 8 ó del de 15 fresas (T. 214,1). En la fresa para tallar engranajes se indican los siguientes datos: módulo, número de la fresa y para qué número de dientes es apropiada, paso en milímetros y altura del diente = profundidad de la fresa en mm.

Las ruedas dentadas pequeñas se fresan en la fresadora horizontal. Después de fresar un hueco entre dientes, se hace avanzar el cuerpo de rueda con ayuda del plato divisor (véase pág. 140) en la magnitud del paso y se fresa el siguiente hueco. El procedimiento se repite hasta que estén todos los dientes terminados. Para fresar ruedas grandes se necesitan máquinas fresadoras para ruedas dentadas, de construcción especial. El fresado según el procedimiento del plato divisor se emplea principalmente en la fabricación de piezas sueltas.

Fig. 214,1. Fresado de una rueda frontal por el procedimiento del plato divisor.

Fig. 214,2. Fresa para tallar engranajes.

Fig. 214,3. La fresa para tallar engranajes tiene la forma del hueco entre dientes.

T. 214,1. Juegos de fresas para dentado de evolvente

Clasificación del juego de 8 fresas								
Fresa N.º	1	2	3	4	5	6		8
Para números de dientes	12 – 15	14 – 16	17 – 20	21 – 25	26 – 34	35 – 54	55 ·35	135 hasta cremallera

Clasificación del juego de 15 fresas															
Fresa N.º	1	1 ½	2	2 ½	3	3 ½	4	4 ½	5	5 ½	6	6 ½	7	7 ½	8
Para números de dientes	12	13	14	15 – 16	17 – 18	19 – 20	21 – 22	23 – 25	26 – 29	30 – 34	35 – 41	42 – 54	55 – [illegible]	81 – 134	135 hasta cremallera

FRESADO DE UNA RUEDA FRONTAL POR EL PROCEDIMIENTO DEL PLATO DIVISOR

Ejemplo de trabajo.

Trabajo encargado: Mecanizado de una rueda dentada frontal para un engranaje.

El cuerpo de rueda se da ya torneado. Los dientes deberán fresarse.

1	Rueda frontal	1	St. 42.11
N.º de piezas	Designación	Pieza N.º	Material

Fig. 215,1. Plano de taller.

Mecanizado de los dientes.

Elección de la fresa. Se elige la fresa del juego de 8 piezas (T. 214,1, pág. 214) y la fresa elegida deberá llevar la siguiente inscripción: Módulo 2,5; N.º 4. 21-25 dientes; paso 7,85; profundidad de fresa 5,42.

Ajuste del plato divisor. Se calcula el número de revoluciones de la manivela (véase pág. 141):

$$nk = \frac{Z}{T} = \frac{40}{25} = 1\frac{15}{25} = 1\frac{3}{5} = 1\frac{12}{20}\ \frac{\text{n.º aguj.}}{\text{cir. aguj.}}$$

Después de fresado un hueco se da una vuelta completa a la manivela y se la sigue girando hasta el agujero 12 de la circunferencia de 20 agujeros. Hay que atender durante el fresado a que la refrigeración sea abundante.

Plan de trabajo.

	Fases del trabajo	Herramientas
1	Sujetar y disponer el plato divisor y el cabezal móvil en la fresadura horizontal	Plato divisor; cabezal móvil; amplificador de esfera
2	Sujeción de la fresa para ruedas dentadas en el husillo de fresar y verificar y girar redondo	Fresa para fresado de ruedas dentadas de módulo 2,5; 21...25 dientes; vástago de fresa
3	Sujeción de la pieza entre puntas y ajuste de la fresa al centro de aquélla	Escuadra; calibres de caras paralelas
4	Ajuste de los brazos del sector	—
5	Ajuste de número de revoluciones y del avance	—
6	Hágase que la fresa roce ligeramente sobre la pieza	—
7	Sáquese del alcance de la fresa y hágase con la mesa de fresar que la pieza suba en la altura del diente (5,42 mm)	—
8	Fresado del primer hueco	
9	Sepárese la pieza de la fresa y hágase girar con la manivela del plato divisor en una magnitud igual al paso, fresando a continuación el segundo hueco	—
10	Repetición de la fase n.º 9 hasta que queden fresados todos los dientes	—
Instrumentos de medida y verificación: pie de rey, pálmer, amplificador de esfera, calibres normales de caras paralelas, pie de rey para medir gruesos de dientes		

1 2,3 4 5,6 7 8 9

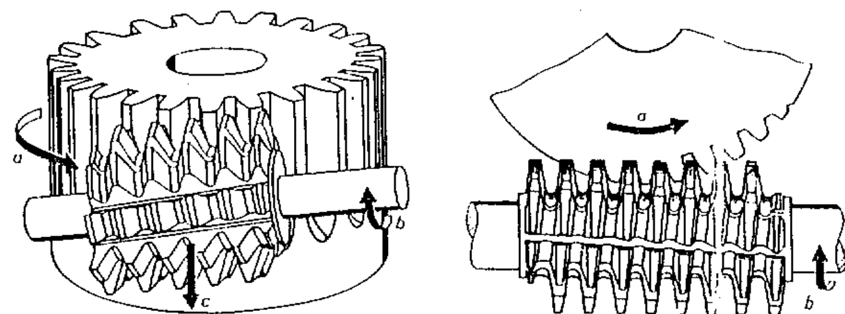


Fig. 216,1. Proceso de trabajo en el fresado continuo. *a*) Movimiento de rotación del cuerpo de rueda; *b*) movimiento de rotación de la fresa; *c*) movimiento vertical de avance de la fresa.

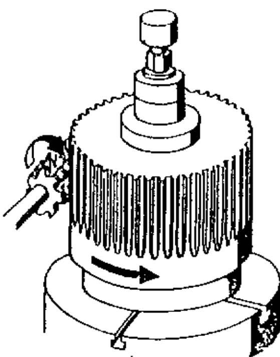


Fig. 216,2. Fresado de una rueda frontal por el procedimiento de rodamiento.

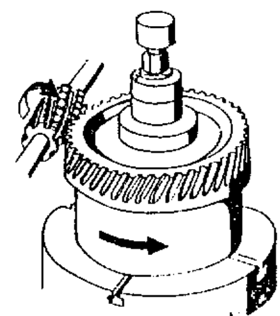


Fig. 216,3. Fresado de una rueda frontal con dientes inclinados por el procedimiento de rodamiento.

Fresado de ruedas por el procedimiento continuo o de rodamiento.

En el procedimiento continuo de fresado se configuran los dientes de la rueda dentada mediante rodamiento del cuerpo de rueda sobre una fresa de forma helicoidal (fig. 216.1). El perfil del diente de la fresa helicoidal no corresponde, como en la fresa de forma, al hueco que queda entre diente y diente, sino que es de forma trapecial como el perfil de los dientes de una cremallera.

El fresado por el procedimiento continuo se realiza generalmente en máquinas especiales para el fresado de ruedas dentadas (fig. 216,2).

Para fresar ruedas dentadas de *dientes rectos* hay que colocar la fresa helicoidal inclinada en una magnitud angular igual a la de su pendiente. El cuerpo de rueda se sujeta en la mesa de fresar. La fresa y el cuerpo de rueda reciben un accionamiento desmodrómico y giran lo mismo que un mecanismo de rueda helicoidal y tornillo sin fin engranados. Para una revolución del cuerpo de rueda tiene que realizar la fresa tantas revoluciones como dientes haya de tener la rueda. El arranque de viruta es continuo. Después de cada revolución de la pieza, realiza el cabezal portaherramienta, con la fresa, un movimiento de avance. Para fresar ruedas frontales de *dientes inclinados* hay que dar a la fresa la inclinación correspondiente a la de los dientes de la rueda (fig. 216,3).

Con respecto al procedimiento de plato divisor presenta el continuo, o de rodamiento, varias ventajas:

a) los flancos de los dientes resultan más exactos y la distribución resulta más uniforme;
b) con *una* fresa helicoidal pueden fresarse todos los números de dientes de un mismo paso;
c) el fresado resulta más rápido.

Con este procedimiento de rodamiento pueden ser fresadas, no solamente ruedas frontales de dientes rectos o inclinados, sino también cremalleras, ruedas helicoidales y tornillos sin fin.

En virtud de las ventajas del fresado por el procedimiento de rodamiento, así como de las de otros procedimientos racionales de fresado, apenas si se emplea ya en las fabricaciones en serie el procedimiento de plato divisor.

Mortajado de dientes.

Mortajado de dientes en ruedas frontales.

El mortajado de dientes puede realizarse por el *procedimiento de plato divisor* o por el *procedimiento continuo o de rodamiento*.

Mortajado de dientes por el procedimiento de plato divisor.

La máquina que se emplea es la mortajadora (véase fig. 156.3, pág. 156). El cuerpo de rueda se sujeta en la mesa correspondiente. Para el mortajado es necesario un útil de forma. Después de mortajar uno de los huecos que dejan entre sí los dientes, se hace girar la rueda cada vez en la magnitud angular correspondiente al paso. La exactitud del dentado realizado depende de la forma de útil de mortajar y de la precisión de la división. Este procedimiento es poco empleado.

Mortajado de dientes por el procedimiento continuo.

Para el mortajado es necesaria una máquina mortajadora especial para ruedas dentadas, llamada también cepilladora de ruedas dentadas. Como útil se emplean *peines* o también *ruedas cortantes*. El mortajado por rodamiento es más exacto y más rápido que el fresado por el mismo procedimiento.

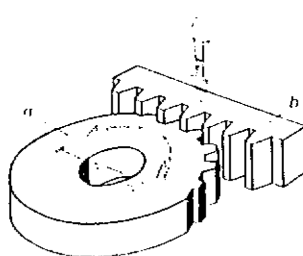


Fig. 217,1. Proceso del trabajo en el mortajado por rodamiento con el útil de peine. *a*) Cuerpo de rueda; *b*) peine.

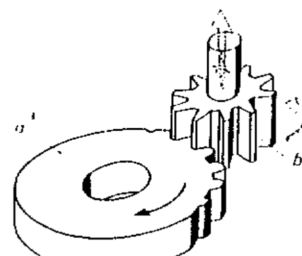


Fig. 217,2. Proceso del trabajo en el mortajado por rodamiento de un dentado exterior empleando como útil la rueda cortante. *a*) Cuerpo de rueda; *b*) rueda cortante.

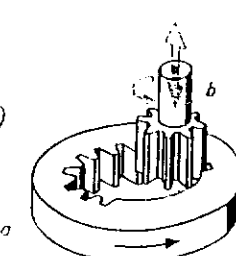


Fig. 217,3. Proceso del trabajo en el mortajado por rodamiento de un dentado interior, empleando la rueda cortante. *a*) Cuerpo de rueda; *b*) rueda cortante.

El útil de peine tiene la forma de una cremallera (fig. 217,1). Va fijo en un carro y lleva a cabo el movimiento de corte vertical. La pieza realiza el movimiento de rodadura que se compone de un movimiento de rotación y de otro lateral de traslación en dirección paralela al peine. Cuando la pieza ha realizado este movimiento de rodadura a lo largo del peine, vuelve la mesa a su posición de partida, con lo cual la mesa y la pieza habrán realizado el avance correspondiente a un diente. El proceso se repite hasta que hayan sido mortajados todos los huecos. Pueden realizarse así dentados exteriores en ruedas frontales de dientes rectos y de dientes inclinados.

Mediante el mortajado con rueda cortante (fig. 217,2) pueden mecanizarse no solamente dentados exteriores, sino también dentados interiores. La rueda cortante realiza el movimiento vertical de corte. El movimiento de rodadura se compone del movimiento de giro de la rueda de corte y del de la pieza. Durante el retroceso del carro portaútil se separa la pieza algo de la rueda de corte y vuelve, al principio de la nueva carrera, automáticamente a la posición inicial de trabajo.

Esmerilado de los flancos de dientes en ruedas frontales.

Mediante el esmerilado aumenta la exactitud de la forma del diente y mejora la calidad superficial. Se emplea en ruedas templadas para suprimir la deformación debida al temple, pero también en las no templadas para conseguir un funcionamiento silencioso (figs. 218,1,2).

Se distingue entre *esmerilado de forma* y *esmerilado de rodamiento*.

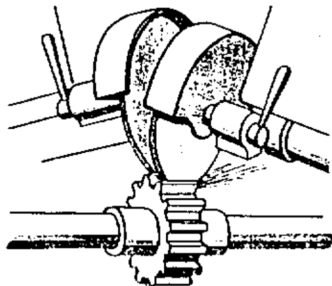


Fig. 218,1. Máquina de esmerilar ruedas dentadas, provista de muelas de plato.

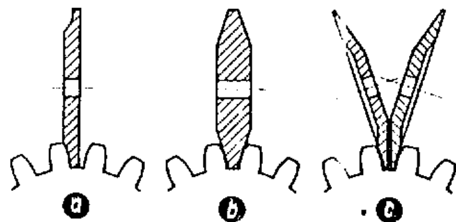


Fig. 218,2. Procedimiento para esmerilar ruedas frontales. *a*) Esmerilado de forma; *b*) esmerilado de rodamiento con una muela; *c*) esmerilado de rodamiento con muelas de plato.

Mediante *vaciado* * en máquinas especiales de vaciar pueden afinarse los flancos de los dientes de dos ruedas que se correspondan.

Mecanizado de tornillos sin fin y ruedas helicoidales.

Los tornillos sin fin pueden ser tallados en el torno, pueden fresarse en la fresadora o pueden mecanizarse con ayudas de ruedas de corte por el procedimiento de rodamiento.

Las ruedas helicoidales no se mecanizan ordinariamente nada más que por fresado de rodamiento (figura 218,3).

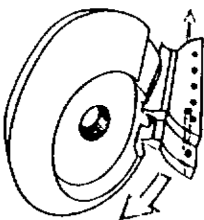


Fig. 218,3. Fresado de una rueda helicoidal por el procedimiento de rodamiento.

Mecanizado de ruedas cónicas.

La ejecución de dentados para ruedas cónicas es difícil, porque tanto el espesor del diente como la curvatura de los flancos varían hacia el vértice del cono. Las ruedas cónicas pueden mecanizarse por el procedimiento del plato divisor y por el de rodamiento.

Para el *procedimiento del plato divisor* hacen falta fresas de forma. Como el hueco entre los dientes es de anchura variable hay que trabajar cada flanco por separado.

Mediante el *cepillado por rodamiento* en la cepilladora o limadora para ruedas dentadas cónicas (fig. 218,4) se mecanizan ruedas cónicas muy exactamente. La máquina trabaja con dos útiles que arrancan virutas alternativamente. Cuando está terminado un diente se hace avanzar el cuerpo de rueda en la magnitud correspondiente al paso. El movimiento de rodamiento del cuerpo de rueda y del útil es producido por medio de ruedas dentadas. Mediante cepillado de rodamiento pueden mecanizarse también ruedas cónicas de dientes inclinados.

Los dientes helicoidales de las ruedas cónicas se mecanizan por fresado de rodamiento con una fresa de rodamiento de forma helicoidal.

Fig. 218,4. Mecanizado de ruedas dentadas cónicas por medio de dos útiles de cepillar.

* *N. del T.*: Véase nota de página 197.

Medida y verificación de ruedas dentadas.

Las ruedas dentadas defectuosas se ponen de manifiesto por su modo ruidoso de funcionar, trabajan con sacudidas y se desgastan prematuramente. El mal funcionamiento de un engranaje puede obedecer a distintas causas, como, por ejemplo, a defectuoso espesor o a defectos de forma de éstos o a no ser el giro redondo. Para medir y verificar el dentado existen instrumentos adecuados de los cuales vamos a describir aquí sólo unos cuantos.

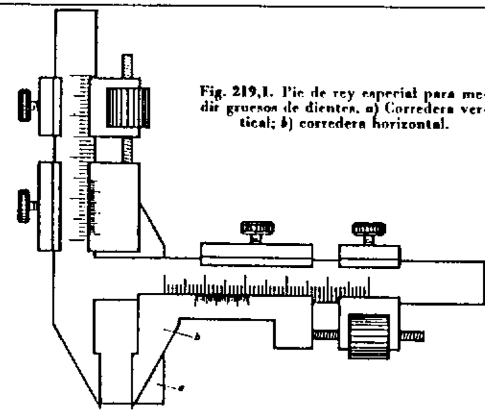


Fig. 219,1. Pie de rey especial para medir gruesos de dientes. *a*) Corredera vertical; *b*) corredera horizontal.

Medición del espesor de los dientes. Como instrumento de medida puede emplearse el pie de rey especial para medir gruesos de dientes, instrumento que consta de dos piezas correderas, una horizontal y otra vertical (figura 219,1).

Para hacer la medición se ajusta primeramente la corredera vertical a la medida q (fig. 219,2). Esta es mayor que la altura de la cabeza del diente h_k y puede determinarse para cada módulo y cada número de dientes con auxilio de una tabla (T. 219,1). El espesor del diente es el arco de la circunferencia primitiva comprendido entre ambos flancos. Con la corredera horizontal no se mide, sin embargo, el arco sino la cuerda de ese arco. La cuerda correspondiente a un espesor de diente se encuentra por cálculo.

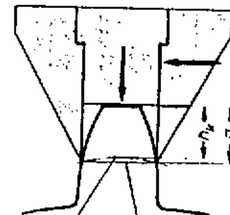


Fig. 219,2. Medición del espesor del diente con el pie de rey especial para ello.

Ejemplo: En una rueda frontal con dientes rectos, módulo 8 y número de dientes igual a 30, hay que determinar la cuerda correspondiente al espesor del diente y la cota q.

Solución: El paso es $t = 25{,}132$ mm;

el espesor del diente (sin juego de los flancos) es

$$\frac{t}{2} = \frac{25{,}132}{2} = 12{,}566 \text{ mm};$$

la cuerda del espesor de dientes es (T. 219,1)
$1{,}5700 \cdot 8 = 12{,}56$ mm; (8 = módulo).

Para poder medir la cuerda del espesor del diente hay que ajustar el pie de rey especial a la medida.
$q = 1{,}0206 \cdot 8 = 8{,}16$ mm.

Con el calibre óptico para medición de dientes (figura 219,3) se lee el espesor del diente y la altura correspondiente mediante una lupa de que va provisto el instrumento.

Con el pie de rey especial para medición de dientes no se obtienen resultados correctos operando tal como hemos dicho, sino cuando la circunferencia de cabezas venga bien centrada respecto al dentado.

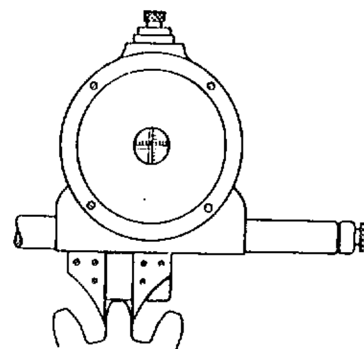


Fig. 219,3. Calibre óptico para medición de dientes.

T. 219,1. Tabla para el ajuste del pie de rey especial para medicion de dientes en ruedas de frontales (extracto)

Número de dientes	30	32	34	36	38	40	42
Cuerda del espesor de los dientes	1,5700	1,5701	1.5702	1,5703	1,5703	1,5704	1,5704
Altura del diente	1,0206	1.0192	1,0182	1.0171	1.0162	1,0154	1,0146

La medición del paso se hace por medio de instrumentos especiales para esa medición (fig. 220,1).

Para medición del grueso del diente sobre varios dientes se utiliza el *calibrador micrométrico para medir gruesos de dientes* (fig. 220,2). Con este instrumento se abarcan el espesor y el paso. Por cálculo se puede determinar el paso correspondiente a la medición hecha *w*.

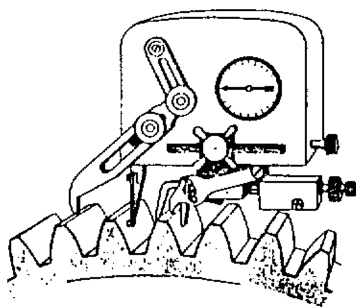


Fig. 220,1. Medición del paso por medio de un instrumento especial para ello.

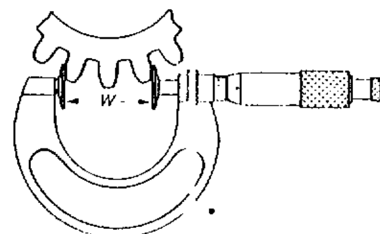


Fig. 220,2. Medición del grueso de dientes sobre varios de éstos, utilizando el calibrador micrométrico.

Verificación de la dirección de los dientes (fig. 220,3). En ruedas de dientes rectos se realiza esta verificación haciendo pasar un amplificador a lo largo de los flancos. Los defectos en la dirección de los dientes se ponen de manifiesto por la desviación que sufra el índice.

Fig. 220,3. Verificación de la dirección del dentado. *a*) Pieza a verificar; *b*) amplificador; *c*) soporte inferior; *d*) regla de guía.

La verificación de la redondez del giro, de la forma y de los defectos del paso se lleva a cabo en las fabricaciones en serie, como sucede, por ejemplo, en las fábricas de automóviles y en las de ruedas dentadas, por medio de *instrumentos de rodamiento* (fig. 220,4). En este ensayo se hacen engranar pares de ruedas que se correspondan o también una rueda que se trate de verificar con una exactamente mecanizada que se llama rueda maestra o tipo.

Las ruedas que se han de ensayar se introducen en los gorrones y se ajusta la distancia entre ejes con toda exactitud. El carro móvil oprime con ligera presión elástica contra el carro fijo. Al girar las ruedas con la mano, se pondrá de manifiesto en el amplificador de esfera cuánto oscila la distancia entre ejes de las ruedas que funcionan sin juego alguno.

En la desviación de la aguja del instrumento amplificador se ponen de manifiesto también el defecto de redondez, el del paso y el de la forma de los dientes. Frecuentemente van provistos estos aparatos de rodamiento de un dispositivo registrador que va dibujando sobre una cinta de papel el resultado del ensayo, en forma de una línea de trazado más o menos regular.

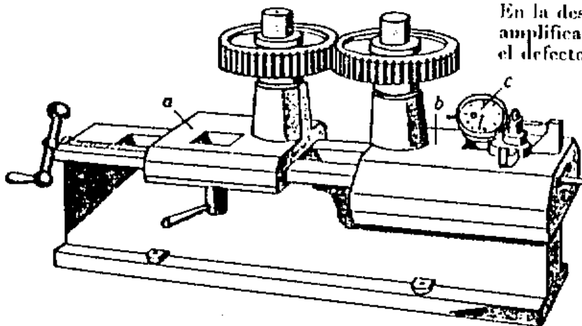


Fig. 220,4. Instrumento de ensayo de rodamiento. *a*) Carro fijo; *b*) carro móvil; *c*) amplificador de esfera.

ÍNDICE ALFABÉTICO DE MATERIAS

Esta obra se terminó de imprimir en
Enero de 1994 en los Talleres de
Programas Educativos, S.A. de C.V.
Calz. de Chabacano No. 65 Local-A
México 8, D.F.

Porcari